

Aus dem Institut für Tierzucht und Haustiergenetik  
der Justus-Liebig-Universität Gießen

**Untersuchungen zu dem Einfluss verschiedener Brutbedingungen auf die embryonale  
und mitochondriale Stoffwechselaktivität unter besonderer Berücksichtigung der  
Gewichtsentwicklung, der Ausprägung histometrischer Parameter und der  
Fleischbeschaffenheit bei Flugenten**

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades (Dr. agr.)  
im Fachbereich Agrarwissenschaften, Ökotrophologie und Umweltmanagement  
der Justus-Liebig-Universität Gießen

eingereicht von  
Dipl.-Ing. agr. Holger Meyer  
aus Daverden, Landkreis Verden

Gießen 2001

## Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Tabellen.....	I
Verzeichnis der Abbildungen.....	XIV
Verzeichnis der Abkürzungen.....	XVI
<b>1 Einleitung und Problemstellung.....</b>	<b>1</b>
<b>2 Literaturübersicht .....</b>	<b>3</b>
2.1 Wirtschaftliche Bedeutung von Geflügelfleisch, insbesondere von Entenfleisch...	3
2.2 Beschreibung der Leistung kommerziell genutzter Ententypen.....	4
2.3 Embryonale Entwicklung von Vögeln.....	6
2.3.1 Embryonales Wachstum.....	7
2.3.2 Embryonale Atmung und Stoffwechselaktivität.....	8
2.3.3 Verlauf der embryonalen Atmungsaktivität.....	10
2.3.4 Embryonale Atmung in Bezug auf Schlupffähigkeit und Geschlecht.....	11
2.3.5 Umwelteinflüsse auf die embryonale Stoffwechselaktivität.....	12
2.3.5.1 Einfluss der Bruttemperatur auf die embryonale Stoffwechselaktivität.....	13
2.3.5.2 Einfluss der Bruttemperatur auf die Embryonalentwicklung.....	14
2.3.5.3 Einfluss von geringen Bruttemperaturen bzw. von zeitweiligen Temperatur- absenkungen auf die Embryonalentwicklung.....	15
2.3.5.4 Einfluss höherer Bruttemperaturen auf die Embryonalentwicklung.....	16
2.3.5.5 Einfluss der Bruttemperaturen auf die postnatale Entwicklung.....	17
2.3.5.6 Einfluss der embryonalen Atmungsaktivität auf das postnatale Leistungsvermögen.....	19
2.4 Muskelfaserstruktur von Geflügel.....	20
2.4.1 Histopathologische Veränderungen von Muskelfasern.....	21
2.4.2 Aufbau der Muskulatur beim Geflügel, insbesondere bei Enten.....	22
2.4.3 Muskelwachstum.....	24
2.5 Entwicklung verschiedener Organe in Zusammenhang mit dem Körper- wachstum von Geflügel.....	26
2.6 Mitochondriale Atmungsaktivität.....	30
2.6.1 Einflüsse auf die mitochondriale Stoffwechselaktivität.....	30

2.6.2	Hemmende Einflüsse insbesondere des Halothans auf die oxidative Phosphorylierung.....	33
2.7	Schilddrüsenhormone.....	34
2.7.1	Wirkungen der Schilddrüsenhormone.....	35
2.8	Mitochondriale Enzymaktivitäten in Muskel- und Lebergewebe.....	37
<b>3</b>	<b>Material und Methoden.....</b>	<b>39</b>
3.1	Untersuchte Tiere.....	39
3.2	Erster Versuchsabschnitt (präinatale Phase).....	39
3.2.1	Durchführung der Inkubation.....	39
3.2.2	Messung der embryonalen Atmung.....	40
3.2.3	Durchführung der Halothanbehandlung.....	41
3.3	Zweiter Versuchsabschnitt (postinatale Phase).....	42
3.3.1	Haltung der Enten.....	42
3.3.2	Blutentnahme zur Bestimmung des Schilddrüsenhormongehaltes.....	43
3.3.3	Erfassung der Entwicklung der Lebendmasse und der Organgewichte.....	43
3.3.4	Schlachtung der Enten.....	43
3.3.5	Erfassung der Fleischbeschaffenheit.....	44
3.4	Dritter Versuchsabschnitt (post mortem).....	44
3.4.1	Biochemische Untersuchungen.....	44
3.4.1.1	Gewinnung der Proben.....	44
3.4.1.2	Isolierung der Mitochondrien.....	45
3.4.1.3	Bestimmung der mitochondrialen Stoffwechselaktivität.....	45
3.4.1.4	Ablauf der Messung.....	46
3.4.1.5	Proteinbestimmung.....	47
3.5	Bestimmung der Enzymaktivität.....	48
3.5.1	Enzymextraktion zur Bestimmung der Aktivität der Succinatdehydrogenase (SDH, E.C. 1.3.99.1) und der Glutamatdehydrogenase (GLDH, E.C. 1.4.1.3).....	48
3.5.2	Bestimmung der Enzymaktivität von SDH (E.C. 1.3.99.1) und GLDH (E.C. 1.4.1.3).....	48
3.6	Erfassung der Schilddrüsenhormonkonzentrationen (frei und gesamt).....	49
3.7	Erfassung histometrischer Merkmale.....	50
3.7.1	Vorbereitung der Proben.....	51

3.7.2	Bestimmung der histometrischen Parameter.....	52
3.8	Statistische Methoden.....	52
<b>4</b>	<b>Ergebnisse.....</b>	<b>54</b>
4.1	Frischeigewichte.....	54
4.2	Brutergebnis.....	54
4.2.1	Schlupfergebnis unter Berücksichtigung der Halothaneinwirkung.....	55
4.3	Die embryonale Atmung.....	56
4.3.1	Die embryonale Atmung am 25. Bruttag.....	56
4.3.2	Die embryonale Atmung am 26. Bruttag.....	58
4.3.2.1	Die embryonale Atmung am 26. Bruttag unter Einfluss von Halothan.....	59
4.3.2.2	Die embryonale Atmung direkt nach der Halothaneinwirkung.....	59
4.3.2.3	Die embryonale Atmung 10 Minuten nach der Halothaneinwirkung.....	61
4.3.2.4	Änderungen der embryonalen Atmungsaktivität durch die Halothaneinwirkung...	62
4.3.3	Embryonaler Sauerstoffverbrauch in Abhängigkeit vom Frischeigewicht unter besonderer Berücksichtigung der Halothanbehandlung.....	64
4.3.4	Sauerstoffverbrauch in Verbindung mit Geschlecht und Schlupffähigkeit.....	66
4.4	Entwicklung der Lebendmasse.....	69
4.4.1	Gewichtsentwicklung der Enten unter Berücksichtigung der Vorbruttemperatur..	69
4.4.2	Lebendmassezuwachs der Enten unter Berücksichtigung der Halothanbehandlung.....	71
4.4.3	Entwicklung der täglichen Zunahmen.....	73
4.4.3.1	Tägliche Zunahmen in Abhängigkeit von der Vorbruttemperatur.....	74
4.4.3.2	Täglicher Zuwachs in Abhängigkeit von der Halothanbehandlung.....	75
4.4.4.	Korrelationen zwischen dem embryonalen Sauerstoffverbrauch und der Gewichtsentwicklung.....	77
4.4.4.1	Korrelationen zwischen dem embryonalen Sauerstoffverbrauch am 25. Bruttag und dem Lebendmassezuwachs.....	77
4.4.4.2	Korrelationen zwischen der embryonalen Atmungsaktivität am 26. Bruttag und der späteren Gewichtsentwicklung.....	79
4.4.4.3	Korrelationen zwischen den Änderungen des Sauerstoffverbrauchs vor und nach der Halothanbehandlung am 26. Bruttag und der Gewichtsentwicklung.....	80

4.4.4.4	Zusammenhänge zwischen den Vorbrutbedingungen und der Entwicklung der Lebendmasse.....	83
4.4.4.4.1	Zusammenhänge zwischen der Höhe der Vorbruttemperaturen und der Gewichtsentwicklung.....	84
4.4.4.4.2	Zusammenhänge zwischen der Halothanbehandlung und der Gewichtsentwicklung.....	84
4.4.4.5	Zusammenhänge zwischen der Höhe der Vorbruttemperaturen und den täglichen Zunahmen.....	85
4.4.4.6	Zusammenhänge zwischen der Halothanbehandlung und den täglichen Zunahmen.....	86
4.5	Ergebnisse zu den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels isolierter Lebermitochondrien.....	86
4.5.1	Einfluss der Vorbrutbedingungen auf die Parameter des mitochondrialen Energiestoffwechsels isolierter Lebermitochondrien.....	87
4.5.2.	Korrelationen zwischen den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels isolierter Lebermitochondrien und der Entwicklung der Lebendmasse.....	90
4.5.2.1	Korrelationen zwischen den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels und der embryonalen Atmungsaktivität in Bezug auf die variierenden Vorbrutbedingungen.....	94
4.5.2.2	Korrelationen zwischen den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels und der Lebendmasseentwicklung in Bezug auf die Halothanbehandlung.....	96
4.5.2.3	Zusammenhänge zwischen der Höhe der Vorbruttemperatur und den Parametern des mitochondrialen Energiestoffwechsels.....	98
4.5.2.4	Zusammenhänge zwischen der Halothaneinwirkung und den Parametern des mitochondrialen Energiestoffwechsels.....	98
4.6	Ergebnisse zu den bestimmten Schilddrüsenhormonkonzentrationen (T <sub>4</sub> -frei und T <sub>4</sub> -gesamt) im Blutplasma.....	99
4.6.1	Korrelationen zwischen der Gesamtthyroxinkonzentration und der embryonalen Atmungsaktivität unter Berücksichtigung der Vorbruttemperatur.....	102
4.6.1.1	Korrelationen zwischen der Gesamtthyroxinkonzentration und der embryonalen Atmungsaktivität in Bezug auf die Halothanbehandlung.....	103

4.6.1.2	Korrelationen zwischen der Konzentration freien Thyroxins und der embryonalen Atmungsaktivität unter Berücksichtigung der Vorbruttemperatur	103
4.6.1.3	Korrelationen zwischen der Konzentration des freien Thyroxins und der embryonalen Atmungsaktivität in Bezug auf die Halothanbehandlung.....	103
4.6.1.4	Korrelationen zwischen der Konzentration von T <sub>4</sub> -frei und T <sub>4</sub> -gesamt im Blutplasma und den Parametern der mitochondrialen Atmungsaktivität unter Berücksichtigung der Vorbruttemperatur.....	104
4.6.1.5	Korrelationen zwischen der Gesamthyroxinkonzentration und den Merkmalen der mitochondrialen Atmungsaktivität in Bezug auf die Halothanbehandlung....	107
4.6.1.6	Korrelationen zwischen der Konzentration ungebundenen Thyroxins im Blutplasma und den Parametern der mitochondrialen Atmungsaktivität unter dem Einfluss der Halothanbehandlung.....	108
4.6.1.7	Korrelationen zwischen der Konzentration des Schilddrüsenhormons im Blutplasma und der Entwicklung der Lebendmasse bei verschiedenen Vorbrutbedingungen.....	109
4.6.1.8	Korrelationen zwischen dem Gehalt an T <sub>4</sub> -gesamt und T <sub>4</sub> -frei und der Lebendmasseentwicklung bei verschiedenen Vorbruttemperaturen.....	109
4.6.1.9	Korrelationen zwischen der Gesamthyroxinkonzentration und der Gewichtsentwicklung unter Berücksichtigung der Halothaneinwirkung.....	112
4.6.1.10	Korrelationen zwischen der Konzentration ungebundenen Thyroxins und der Entwicklung der Lebendmasse in Bezug auf die Halothanbehandlung.....	113
4.6.1.11	Zusammenhänge zwischen den einzelnen Vorbrutbedingungen und der Thyroxinkonzentration (gesamt und frei) im Blutplasma.....	114
4.7	Ergebnisse zu den mitochondrialen Enzymaktivitäten.....	115
4.7.1	Einfluss der variierenden Vorbrutbedingungen auf die mitochondriale Enzymaktivität.....	115
4.7.2	Korrelationen zwischen der mitochondrialen Enzymaktivität und dem embryonalen Sauerstoffverbrauch bei variierenden Vorbruttemperaturen.....	118
4.7.2.1	Korrelationen zwischen der mitochondrialen Enzymaktivität und der embryonalen Atmungsaktivität der Enten in Bezug auf die Halothanbehandlung.....	119
4.7.3	Korrelationen zwischen der Succinatdehydrogenaseaktivität im Leberhomogenat und den Lebendmassezuwächsen bei variierenden Vorbruttemperaturen...	120

4.7.3.1	Korrelationen zwischen der Succinatdehydrogenaseaktivität in Herzfrischmasse und den Lebendmassezuwächsen bei variierenden Vorbruttemperaturen.....	121
4.7.3.2	Korrelationen zwischen der Succinatdehydrogenaseaktivität im Leberhomogenat und der Lebendmasseentwicklung in Bezug auf die Halothanbehandlung	122
4.7.3.3	Korrelationen zwischen der Succinatdehydrogenaseaktivität in Herzfrischmasse und der Lebendmasseentwicklung in Bezug auf die Halothanbehandlung	122
4.7.3.4	Korrelationen zwischen der Glutamatdehydrogenaseaktivität im Leberhomogenat und der Entwicklung der Lebendmasse bei variierenden Bruttemperaturen.....	123
4.7.3.5	Korrelationen zwischen der Glutamatdehydrogenaseaktivität in Herzfrischmasse und der Entwicklung der Lebendmasse der Enten bei variierenden Vorbruttemperaturen.....	124
4.7.3.6	Korrelationen zwischen der Glutamatdehydrogenaseaktivität im Leberhomogenat und der Gewichtsentwicklung der Enten in Bezug auf die Halothanbehandlung.....	126
4.7.3.7	Korrelationen zwischen der Glutamatdehydrogenaseaktivität in Herzfrischmasse und der Gewichtsentwicklung der Enten in Bezug auf die Halothanbehandlung.....	126
4.7.4	Korrelationen zwischen der Succinatdehydrogenaseaktivität im Leberhomogenat und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels bei variierenden Vorbruttemperaturen.....	127
4.7.4.1	Korrelationen zwischen der Succinatdehydrogenaseaktivität im Leberhomogenat und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels in Bezug auf die Behandlung mit Halothan.....	127
4.7.4.2	Korrelationen zwischen der Succinatdehydrogenaseaktivität in Herzfrischmasse und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels bei variierenden Vorbruttemperaturen.....	128
4.7.4.3	Korrelationen zwischen der Succinatdehydrogenaseaktivität in Herzfrischmasse und dem mitochondrialen Stoffwechsel in Bezug auf die Halothanbehandlung.....	129
4.7.4.4	Korrelationen zwischen der Glutamatdehydrogenaseaktivität im Leberhomogenat und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels bei variierenden Vorbruttemperaturen.....	130

4.7.4.5	Korrelationen zwischen der Glutamatdehydrogenaseaktivität in Herzfrischmasse und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels bei variierenden Vorbruttemperaturen.....	131
4.7.4.6	Korrelationen zwischen der Glutamatdehydrogenaseaktivität im Leberhomogenat und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels in Bezug auf die Behandlung mit Halothan.....	132
4.7.4.7	Korrelationen zwischen der Glutamatdehydrogenaseaktivität in Herzfrischmasse und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels in Bezug auf die Behandlung mit Halothan.....	133
4.7.5	Zusammenhänge zwischen der Höhe der Vorbruttemperatur und der mitochondrialen Enzymaktivität.....	134
4.7.5.1	Zusammenhänge zwischen der Halothaneinwirkung und der mitochondrialen Enzymaktivität.....	134
4.8	Herz-und Lebergewichte.....	135
4.8.1	Signifikante Einflüsse auf die Herz- und Lebergewichte.....	135
4.8.2	Korrelationen zwischen der embryonalen Atmung und den absoluten Herzgewichten.....	138
4.8.2.1	Korrelationen zwischen der embryonalen Atmung und den relativen Herzgewichten.....	139
4.8.3	Korrelationen zwischen der embryonalen Atmung und den absoluten Lebergewicht.....	140
4.8.3.1	Korrelationen zwischen der embryonalen Atmung und den relativen Lebergewichten.....	140
4.8.4	Korrelationen zwischen dem Herzgewicht (absolut und relativ) und der Gewichtsentwicklung in Abhängigkeit von der Vorbruttemperatur.....	141
4.8.5	Korrelationen zwischen dem Lebergewicht (absolut und relativ) und der Gewichtsentwicklung in Abhängigkeit von der Vorbruttemperatur.....	143
4.8.5.1	Korrelationen zwischen dem Herzgewicht (absolut und relativ) und der Gewichtsentwicklung in Verbindung mit der Halothanbehandlung.....	145
4.8.5.2	Korrelationen zwischen dem Lebergewicht (absolut und relativ) und der Gewichtsentwicklung in Verbindung mit der Halothanbehandlung.....	147
4.8.6	Korrelationen zwischen den absoluten Herzgewichten und den Parametern des mitochondrialen Energiestoffwechsels in Abhängigkeit von der Vorbruttemperatur.....	148



4.8.6.1	Korrelationen zwischen den relativen Herzgewichten und dem mitochondrialen Energiestoffwechsel unter Berücksichtigung der Vorbruttemperatur.....	148
4.8.6.2	Korrelationen zwischen den Herzgewichten (absolut und relativ) und dem mitochondrialen Energiestoffwechsel in Verbindung mit der Halothaneinwirkung.....	150
4.8.7	Korrelationen zwischen den absoluten Lebergewichten und dem mitochondrialen Energiestoffwechsel in Zusammenhang mit der Vorbruttemperatur.....	151
4.8.7.1	Korrelationen zwischen den relativen Lebergewichten und der mitochondrialen Stoffwechselaktivität in Abhängigkeit von der Vorbruttemperatur.....	152
4.8.7.2	Korrelationen zwischen den Lebergewichten (relativ und absolut) und dem mitochondrialen Energiestoffwechsel unter Berücksichtigung des Halothans.....	154
4.8.8	Korrelationen zwischen der Bruttemperaturhöhe bzw. der Halothaneinwirkung und den Organgewichten (absolut und relativ).....	155
4.9	Histometrie und Fleischbeschaffenheitsmerkmale.....	156
4.9.1	Signifikante Einflüsse auf die histometrischen Parameter und die Fleischbeschaffenheit.....	156
4.9.2	Korrelationen zwischen den histometrischen Merkmalen und den Parametern der Fleischbeschaffenheit.....	160
4.9.2.2	Korrelationen zwischen den histometrischen Merkmalen und der Fleischbeschaffenheit unter Berücksichtigung des Geschlechts.....	163
4.9.2.3	Zusammenhänge zwischen den histometrischen Merkmalen und der Fleischbeschaffenheit in Abhängigkeit von der Vorbruttemperatur.....	163
4.9.2.4	Zusammenhänge zwischen den histometrischen Merkmalen und der Fleischbeschaffenheit in Bezug auf die Halothaneinwirkung.....	166
4.9.3	Korrelationen zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und dem embryonalen Sauerstoffverbrauch.....	168
4.9.4	Korrelationen zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und der mitochondrialen Stoffwechselaktivität unter Berücksichtigung der Vorbruttemperatur.....	171

4.9.4.1	Korrelationen zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und der mitochondrialen Stoffwechselaktivität in Bezug auf die Halothanbehandlung.....	176
4.9.5	Korrelationen zwischen den histometrischen Parametern, der Fleischbeschaffenheit und den Organgewichten.....	180
4.9.5.1	Zusammenhänge zwischen den histometrischen Parametern, der Fleischbeschaffenheit und den erfassten Herzgewichten in Abhängigkeit von der Vorbruttemperatur.....	180
4.9.6	Zusammenhänge zwischen den histometrischen Parametern, der Fleischbeschaffenheit und den erfassten Lebergewichten in Abhängigkeit von der Vorbruttemperatur.....	182
4.9.6.1	Korrelationen zwischen dem Herzgewicht (absolut und relativ), der Fleischbeschaffenheit und den histometrischen Parametern in Verbindung mit der Halothanbehandlung.....	185
4.9.6.2	Beziehungen zwischen dem Lebergewicht (absolut und relativ), der Fleischbeschaffenheit und den histometrischen Merkmalen in Verbindung mit der Halothanbehandlung.....	187
4.9.7	Korrelationen zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und der Entwicklung der Körpermasse.....	188
4.9.7.1	Beziehungen zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und der Entwicklung der Körpermasse in Abhängigkeit von der Vorbruttemperatur.....	188
4.9.7.2	Korrelationen zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und der Entwicklung der Körpermasse unter Berücksichtigung der Halothanbehandlung.....	193
4.9.8	Zusammenhänge zwischen den Vorbrutbedingungen und den histometrischen Merkmalen sowie der Fleischbeschaffenheit.....	197
<b>5</b>	<b>Diskussion</b> .....	<b>199</b>
5.1	Brutergebnisse unter Berücksichtigung der Inkubationsbedingungen.....	199
5.2	Embryonale Atmung.....	200
5.2.1	Embryonale Atmung in Abhängigkeit von Schlupffähigkeit und Geschlecht.....	201
5.2.2	Umwelteinflüsse auf die embryonale Atmung.....	202

5.2.2.1	Embryonale Atmung bei variierenden Bruttemperaturen.....	202
5.2.2.2	Embryonale Atmung in Zusammenhang mit der Halothanbehandlung.....	203
5.3	Entwicklung der Lebendmasse bei Flugenten.....	204
5.3.1	Entwicklung der Lebendmasse in Abhängigkeit von der Bruttemperatur.....	205
5.3.2	Entwicklung der Lebendmasse in Abhängigkeit von der Halothanbehandlung...	206
5.3.3	Korrelationen zwischen dem embryonalen Sauerstoffverbrauch und der Gewichtsentwicklung.....	207
5.4	Mitochondriale Atmungsaktivität.....	208
5.4.1	Mitochondriale Atmungsaktivität unter Berücksichtigung variierender Brutbedingungen.....	208
5.4.2	Korrelationen zwischen der mitochondrialen Atmungsaktivität und der Entwicklung der Lebendmasse.....	209
5.5.	Schilddrüsenhormone.....	210
5.5.1	Korrelationen zwischen der Höhe des Thyroxinspiegels, der embryonalen Atmung und dem Gewichtszuwachs.....	212
5.6	Mitochondriale Enzymaktivität.....	213
5.6.1	Korrelationen zwischen der mitochondrialen Enzymaktivität und der Entwicklung der Lebendmasse.....	214
5.7	Herz- und Lebergewicht.....	215
5.7.1	Korrelationen zwischen den Organgewichten, der embryonalen Atmungsaktivität und der Mastleistung.....	215
5.8	Histometrie und Fleischbeschaffenheit.....	217
5.8.1	Ausprägung der histometrischen Merkmale und der Fleischbeschaffenheit in Abhängigkeit von den Vorbrutbedingungen.....	218
5.8.2	Korrelationen zwischen den histometrischen Parametern, der Fleisch- beschaffenheit sowie der Atmungsaktivität und der Gewichtsentwicklung.....	218
5.9	Schlussbetrachtung.....	220
<b>6.</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>223</b>
<b>7.</b>	<b>Summary.....</b>	<b>226</b>
<b>8.</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>229</b>

**Verzeichnis der Tabellen**

Tab. 1:	Reproduktionsleistung von kommerziell genutzten Entenlinien.....	6
Tab. 2:	Pro Termin und Gruppe in den Brutschrank eingelegte Eier.....	39
Tab. 3:	Vorbrutbedingungen für die einzelnen Eigruppen.....	40
Tab. 4:	Frischeigewichte in den einzelnen Versuchsgruppen.....	54
Tab. 5:	Schlupfergebnis in Abhängigkeit von der Vorbruttemperatur.....	54
Tab. 6:	Geschlechterverteilung unter Berücksichtigung der Vorbruttemperatur.....	55
Tab. 7:	Schlupfergebnis (absolut) unter Berücksichtigung variierender Brutbedingungen.....	55
Tab. 8:	Einflussfaktoren auf die embryonale Atmung am 25. Bruttag.....	57
Tab. 9:	Unterschiede zwischen den embryonalen Atmungsaktivitäten bei verschiedenen Bruttemperaturen am 25. Bruttag.....	58
Tab. 10:	Einflussfaktoren auf die embryonale Atmung am 26. Bruttag.....	58
Tab. 11:	Unterschiede zwischen den embryonalen Atmungsaktivitäten bei verschiedenen Bruttemperaturen am 26. Bruttag vor der Halothanbehandlung	59
Tab. 12:	Einflussfaktoren auf die embryonale Atmung am 26. Bruttag direkt nach der Halothanbehandlung.....	60
Tab. 13:	Unterschiede zwischen den embryonalen Atmungsaktivitäten bei verschiedenen Bruttemperaturen am 26. Bruttag direkt nach der Halothanbehandlung.....	61
Tab. 14:	Einflussfaktoren auf die embryonale Atmung am 26. Bruttag 10 Minuten nach der Halothanbehandlung.....	61
Tab. 15:	Unterschiede zwischen den embryonalen Atmungsaktivitäten bei verschiedenen Bruttemperaturen am 26. Bruttag 10 Minuten nach der Halothanbehandlung.....	62
Tab. 16:	Änderungen der embryonalen Atmungsaktivität durch die Halothaneinwirkung.....	63
Tab. 17:	Schlupffähigkeit und Geschlecht in Abhängigkeit vom O <sub>2</sub> -Verbrauch am 25. Bruttag bei verschiedenen Bruttemperaturen.....	67
Tab. 18:	Unterschiede zwischen den embryonalen Atmungsaktivitäten in Bezug auf das Geschlecht und die Schlupffähigkeit bei variierenden Brutbedingungen....	67
Tab. 19:	Darstellung der Gewichtsentwicklung der Enten bei verschiedenen Bruttemperaturen.....	70

Tab. 20: Signifikanzniveaus zu den Einflüssen der Vorbruttemperaturen auf die Gewichtsentwicklung der Enten.....	70
Tab. 21: Darstellung der Gewichtsentwicklung der Enten unter Berücksichtigung der Halothanbehandlung.....	72
Tab. 22: Unterschiede zwischen der Gewichtsentwicklung der Enten unter Berücksichtigung der Halothanbehandlung.....	72
Tab. 23: Darstellung der täglichen Zunahmen der Enten bei verschiedenen Vorbruttemperaturen.....	74
Tab. 24: Darstellung der täglichen Zunahmen unter Berücksichtigung der Halothanbehandlung.....	76
Tab. 25: Korrelationen zwischen der embryonalen Atmungsaktivität am 25. Bruttag und der späteren Gewichtsentwicklung bei einer Vorbruttemperatur von 37,5 °C.....	78
Tab. 26: Korrelationen zwischen der embryonalen Atmungsaktivität am 25. Bruttag und der späteren Gewichtsentwicklung bei einer Vorbruttemperatur von 36,5 °C.....	78
Tab. 27: Korrelationen zwischen der embryonalen Atmungsaktivität am 25. Bruttag und der späteren Gewichtsentwicklung bei einer Vorbruttemperatur von 38,5 °C.....	79
Tab. 28: Korrelationen zwischen der embryonalen Atmungsaktivität am 26. Bruttag und der späteren Gewichtsentwicklung bei einer Vorbruttemperatur von 37,5 °C.....	79
Tab. 29: Korrelationen zwischen der embryonalen Atmungsaktivität am 26. Bruttag und der späteren Gewichtsentwicklung bei einer Vorbruttemperatur von 36,5 °C.....	80
Tab. 30: Korrelationen zwischen der embryonalen Atmungsaktivität am 26. Bruttag und der späteren Gewichtsentwicklung bei einer Vorbruttemperatur von 38,5 °C.....	80
Tab. 31: Korrelationen zwischen der absoluten Veränderung der Atmungsintensität direkt nach der Halothanbehandlung und der Entwicklung der Lebendmasse ( $\Delta 1-2$ ).....	81
Tab. 32: Korrelationen zwischen der relativen Änderung der Atmungsintensität direkt nach der Halothanbehandlung und der Entwicklung der Lebendmasse ( $\Delta 1-2$ ).....	81

Tab. 33: Korrelationen zwischen der absoluten Veränderung des O <sub>2</sub> -Verbrauchs direkt und 10 Minuten nach der Halothanbehandlung und dem Lebendmassezuwachs ( $\Delta 2-3$ ).....	82
Tab. 34: Korrelationen zwischen der relativen Veränderung des O <sub>2</sub> -Verbrauchs direkt und 10 Minuten nach der Halothanbehandlung und dem Lebendmassezuwachs ( $\Delta 2-3$ ).....	82
Tab. 35: Korrelationen zwischen der absoluten Veränderung des O <sub>2</sub> -Verbrauchs 10 Minuten nach der Halothanbehandlung und dem Lebendmassezuwachs ( $\Delta 1-3$ ).....	83
Tab. 36: Korrelationen zwischen der relativen Veränderung des O <sub>2</sub> -Verbrauchs 10 Minuten nach der Halothanbehandlung und dem Lebendmassezuwachs ( $\Delta 1-3$ ).....	83
Tab. 37: Beziehungen zwischen der Höhe der Vorbruttemperatur und der Gewichtsentwicklung.....	84
Tab. 38: Beziehungen zwischen der Halothanbehandlung und der Gewichtsentwicklung.....	85
Tab. 39: Beziehungen zwischen der Höhe der Vorbruttemperatur und den täglichen Zunahmen.....	85
Tab. 40: Zusammenhänge zwischen der Halothanbehandlung und den täglichen Zunahmen.....	86
Tab. 41: Einfluss der Vorbrutbedingungen auf die Parameter des mitochondrialen Energiestoffwechsels isolierter Lebermitochondrien.....	88
Tab. 42: Signifikanzniveaus zu den Einflüssen der Vorbrutbedingungen auf die Parameter des mitochondrialen Energiestoffwechsels isolierter Lebermitochondrien.....	88
Tab. 43: Korrelationen zwischen den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels und der Entwicklung der Lebendmasse bei 36,5 °C inkubierten männlichen Tieren.....	91
Tab. 44: Korrelationen zwischen den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels und der Entwicklung der Lebendmasse bei 36,5 °C inkubierten weiblichen Tieren.....	91
Tab. 45: Korrelationen zwischen den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels und der Entwicklung der Lebendmasse bei 37,5 °C inkubierten männlichen Tieren.....	92

Tab. 46: Korrelationen zwischen den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels und der Entwicklung der Lebendmasse bei 37,5 °C inkubierten weiblichen Tieren.....	93
Tab. 47: Korrelationen zwischen den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels und der Entwicklung der Lebendmasse bei 38,5 °C inkubierten männlichen Tieren.....	93
Tab. 48: Korrelationen zwischen den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels und der Entwicklung der Lebendmasse bei 38,5 °C inkubierten weiblichen Tieren.....	94
Tab. 49: Korrelationen zwischen den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels und dem embryonalen Sauerstoffverbrauch im Zusammenhang mit den verschiedenen Vorbrutbedingungen bei den männlichen Tieren.....	95
Tab. 50: Korrelationen zwischen den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels und dem embryonalen Sauerstoffverbrauch im Zusammenhang mit den verschiedenen Vorbrutbedingungen bei den weiblichen Tieren.....	96
Tab. 51: Korrelationen zwischen den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels und der Entwicklung der Lebendmasse bei halothanbehandelten männlichen Enten.....	96
Tab. 52: Korrelationen zwischen den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels und der Entwicklung der Lebendmasse bei nicht halothanisierten männlichen Enten.....	97
Tab. 53: Korrelationen zwischen den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels und der Entwicklung der Lebendmasse bei halothanbehandelten weiblichen Enten.....	97
Tab. 54: Korrelationen zwischen den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels und der Entwicklung der Lebendmasse bei nicht halothanisierten weiblichen Enten.....	98
Tab. 55: Zusammenhänge zwischen den Vorbrutbedingungen und den Parametern des mitochondrialen Energiestoffwechsels.....	99
Tab. 56: Gesamtthyroxin (T <sub>4</sub> -gesamt) und ungebundenes Thyroxin (T <sub>4</sub> -frei) bei männlichen Enten unter Berücksichtigung der Vorbrutbedingungen.....	100

Tab. 57: Gesamtthyroxingehalte und Konzentrationen ungebundenen Thyroxins (T <sub>4</sub> -frei) im Blutplasma weiblicher Enten unter Berücksichtigung der Vorbrutbedingungen.....	100
Tab. 58: Signifikanzniveaus zu den Einflüssen der Vorbrutbedingungen auf Schilddrüsenhormonkonzentrationen (T <sub>4</sub> -frei und gesamt).....	101
Tab. 59: Korrelationen zwischen dem embryonalen O <sub>2</sub> -Verbrauch und den Thyroxinkonzentrationen (T <sub>4</sub> -frei und T <sub>4</sub> -gesamt) bei variierenden Vorbrutbedingungen.....	104
Tab. 60: Korrelationen zwischen den Konzentrationen von T <sub>4</sub> -frei u. T <sub>4</sub> -gesamt und dem mitochondrialen Energiestoffwechsel bei einer Vorbruttemperatur von 36,5 °C.....	105
Tab. 61: Korrelationen zwischen den Konzentrationen von T <sub>4</sub> -frei u. T <sub>4</sub> -gesamt und dem mitochondrialen Energiestoffwechsel bei einer Vorbruttemperatur von 37,5 °C.....	106
Tab. 62: Korrelationen zwischen der Konzentrationen von T <sub>4</sub> -frei u. T <sub>4</sub> -gesamt und dem mitochondrialen Energiestoffwechsel bei einer Vorbruttemperatur von 38,5 °C.....	107
Tab. 63: Korrelationen zwischen den Thyroxinkonzentrationen (T <sub>4</sub> -frei u. T <sub>4</sub> -gesamt) und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels ohne Halothanbehandlung.....	109
Tab. 64: Korrelationen zwischen den Thyroxinkonzentrationen (T <sub>4</sub> -frei u. T <sub>4</sub> -gesamt) und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels mit Halothanbehandlung.....	109
Tab. 65: Korrelationen zwischen den Thyroxinkonzentrationen (T <sub>4</sub> -frei u. T <sub>4</sub> -gesamt) und der Entwicklung der Lebendmasse bei einer Vorbruttemperatur von 36,5 °C.....	110
Tab. 66: Korrelationen zwischen den Thyroxinkonzentrationen (T <sub>4</sub> -frei u. T <sub>4</sub> -gesamt) und der Entwicklung der Lebendmasse bei einer Vorbruttemperatur von 37,5 °C.....	111
Tab. 67: Korrelationen zwischen den Thyroxinkonzentrationen (T <sub>4</sub> -frei u. T <sub>4</sub> -gesamt) und der Entwicklung der Lebendmasse bei einer Vorbruttemperatur von 38,5 °C. ....	112
Tab. 68: Korrelationen zwischen den Thyroxinkonzentrationen (T <sub>4</sub> -frei u. T <sub>4</sub> -gesamt) und der Gewichtsentwicklung ohne Halothanbehandlung.....	113



---

Tab. 69: Korrelationen zwischen den Thyroxinkonzentrationen (T <sub>4</sub> -frei u. T <sub>4</sub> -gesamt) und der Entwicklung der Lebendmasse mit Halothanbehandlung.....	114
Tab. 70: Zusammenhänge zwischen den Vorbrutbedingungen und der Schilddrüsenhormonkonzentration im Blutplasma.....	114
Tab. 71: Ausprägung der Succinatdehydrogenaseaktivität in Leber- und Herzhomogenat bei variierenden Vorbrutbedingungen.....	116
Tab. 72: Signifikanzniveaus zu den Einflüssen der Vorbrutbedingungen auf die mitochondriale Enzymaktivität in Leber- und Herzfrischmasse.....	116
Tab. 73: Korrelationen zwischen der mitochondrialen Enzymaktivität und dem embryonalen Sauerstoffverbrauch männlicher Enten bei variierenden Vorbrutbedingungen.....	119
Tab. 74: Korrelationen zwischen der mitochondrialen Enzymaktivität und dem embryonalen Sauerstoffverbrauch weiblicher Enten bei variierenden Vorbrutbedingungen.....	120
Tab. 75: Korrelationen zwischen der SDH-Aktivität und der Entwicklung der Lebendmasse männlicher und weiblicher Enten bei einer Vorbruttemperatur von 36,5 °C.....	121
Tab. 76: Korrelationen zwischen der SDH-Aktivität und der Entwicklung der Lebendmasse männlicher und weiblicher Enten bei einer Vorbruttemperatur von 37,5 °C.....	122
Tab. 77: Korrelationen zwischen der SDH-Aktivität und der Entwicklung der Lebendmasse männlicher und weiblicher Enten bei einer Vorbruttemperatur von 38,5 °C.....	122
Tab. 78: Korrelationen zwischen der SDH-Aktivität und der Entwicklung der Lebendmasse halothanbehandelter männlicher und weiblicher Enten.....	123
Tab. 79: Korrelationen zwischen der SDH-Aktivität und der Entwicklung der Lebendmasse nicht halothanisierter männlicher und weiblicher Enten.....	123
Tab. 80: Korrelationen zwischen der GLDH-Aktivität und der Entwicklung der Lebendmasse männlicher und weiblicher Enten bei einer Vorbruttemperatur von 36,5 °C.....	125
Tab. 81: Korrelationen zwischen der GLDH-Aktivität und der Entwicklung der Lebendmasse männlicher und weiblicher Enten bei einer Vorbruttemperatur von 37,5 °C.....	125

Tab. 82:	Korrelationen zwischen der GLDH-Aktivität und der Entwicklung der Lebendmasse männlicher und weiblicher Enten bei einer Vorbruttemperatur von 38,5 °C.....	125
Tab. 83:	Korrelationen zwischen der GLDH-Aktivität und der Entwicklung der Lebendmasse halothanbehandelter männlicher und weiblicher Enten.....	126
Tab. 84:	Korrelationen zwischen der GLDH-Aktivität und der Entwicklung der Lebendmasse nicht halothanisierter männlicher und weiblicher Enten.....	127
Tab. 85:	Korrelationen zwischen der SDH-Aktivität und dem mitochondrialen Energiestoffwechsel männlicher und weiblicher Enten bei einer Vorbruttemperatur von 36,5 °C.....	128
Tab. 86:	Korrelationen zwischen der SDH-Aktivität und dem mitochondrialen Energiestoffwechsel männlicher und weiblicher Enten bei einer Vorbruttemperatur von 37,5 °C.....	128
Tab. 87:	Korrelationen zwischen der SDH-Aktivität und dem mitochondrialen Energiestoffwechsel männlicher und weiblicher Enten bei einer Vorbruttemperatur von 38,5 °C.....	129
Tab. 88:	Korrelationen zwischen der SDH-Aktivität und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels halothanbehandelter männlicher und weiblicher Enten.....	129
Tab. 89:	Korrelationen zwischen der SDH-Aktivität und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels nicht halothanisierter männlicher und weiblicher Enten.....	129
Tab. 90:	Korrelationen zwischen der GLDH-Aktivität und dem mitochondrialen Energiestoffwechsel männlicher und weiblicher Enten bei einer Vorbruttemperatur von 36,5 °C.....	132
Tab. 91:	Korrelationen zwischen der GLDH-Aktivität und dem mitochondrialen Energiestoffwechsel männlicher und weiblicher Enten bei einer Vorbruttemperatur von 37,5 °C.....	132
Tab. 92:	Korrelationen zwischen der GLDH-Aktivität und dem mitochondrialen Energiestoffwechsel männlicher und weiblicher Enten bei einer Vorbruttemperatur von 38,5 °C.....	132
Tab. 93:	Korrelationen zwischen der GLDH-Aktivität und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels halothanbehandelter männlicher und weiblicher Enten.....	133

Tab. 94: Korrelationen zwischen der GLDH-Aktivität und dem mitochondrialen Energiestoffwechsel nicht halothanisierter männlicher und weiblicher Enten...	133
Tab. 95: Zusammenhänge zwischen den Vorbrutbedingungen und der mitochondrialen Enzymaktivität.....	134
Tab. 96: Signifikante Einflüsse auf die Herz- und Lebergewichte.....	136
Tab. 97: Signifikanzniveaus zu den die Herz- und Lebergewichte beeinflussenden Merkmalen.....	136
Tab. 98: Korrelationen zwischen den Herzgewichten (relativ und absolut) und dem embryonalen O <sub>2</sub> -Verbrauch männlicher und weiblicher Enten bei variierenden Vorbrutbedingungen.....	139
Tab. 99: Korrelationen zwischen den Lebergewichten (relativ und absolut) und dem embryonalen O <sub>2</sub> -Verbrauch männlicher und weiblicher Enten bei variierenden Vorbrutbedingungen.....	141
Tab. 100: Korrelationen zwischen den Herzgewichten (absolut und relativ) und der Entwicklung der Lebendmasse bei einer Vorbruttemperatur von 36,5 °C.....	142
Tab. 101: Korrelationen zwischen den Herzgewichten (absolut und relativ) und der Entwicklung der Lebendmasse bei einer Vorbruttemperatur von 37,5 °C.....	143
Tab. 102: Korrelationen zwischen den Herzgewichten (absolut und relativ) und der Entwicklung der Lebendmasse bei einer Vorbruttemperatur von 38,5 °C.....	143
Tab. 103: Korrelationen zwischen den Lebergewichten (absolut und relativ) und der Entwicklung der Lebendmasse bei einer Vorbruttemperatur von 36,5 °C.....	144
Tab. 104: Korrelationen zwischen den Lebergewichten (absolut und relativ) und der Entwicklung der Lebendmasse bei einer Vorbruttemperatur von 38,5 °C.....	144
Tab. 105: Korrelationen zwischen den Lebergewichten (absolut und relativ) und der Entwicklung der Lebendmasse bei einer Vorbruttemperatur von 37,5 °C.....	144
Tab. 106: Korrelationen zwischen den Herzgewichten (absolut und relativ) und der Entwicklung der Lebendmasse bei halothanbehandelten Enten.....	146
Tab. 107: Korrelationen zwischen den Herzgewichten (absolut und relativ) und der Entwicklung der Lebendmasse bei unbehandelten Enten.....	146
Tab. 108: Korrelationen zwischen den Lebergewichten (absolut und relativ) und der Entwicklung der Lebendmasse bei halothanbehandelten Enten.....	147
Tab. 109: Korrelationen zwischen den Lebergewichten (absolut und relativ) und der Entwicklung der Lebendmasse bei nicht halothanisierten Enten.....	147

Tab. 110: Korrelationen zwischen dem Herzgewicht (absolut und relativ) und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels bei einer Vorbruttemperatur von 36,5 °C.....	149
Tab. 111: Korrelationen zwischen dem Herzgewicht (absolut und relativ) und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels bei einer Vorbruttemperatur von 37,5 °C.....	149
Tab. 112: Korrelationen zwischen dem Herzgewicht (absolut und relativ) und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels bei einer Vorbruttemperatur von 38,5 °C.....	150
Tab. 113: Korrelationen zwischen dem Herzgewicht (absolut und relativ) und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels bei halothanbehandelten Enten.....	151
Tab. 114: Korrelationen zwischen dem Herzgewicht (absolut und relativ) und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels bei unbehandelten Enten.....	151
Tab. 115: Korrelationen zwischen dem Lebergewicht (absolut und relativ) und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels bei einer Vorbruttemperatur von 36,5 °C.....	153
Tab. 116: Korrelationen zwischen dem Lebergewicht (absolut und relativ) und dem mitochondrialen Energiestoffwechsel bei einer Vorbruttemperatur von 37,5 °C.....	153
Tab. 117: Korrelationen zwischen dem Lebergewicht (absolut und relativ) und dem mitochondrialen Energiestoffwechsel bei einer Vorbruttemperatur von 38,5 °C.....	154
Tab. 118: Korrelationen zwischen dem Lebergewicht (absolut und relativ) und dem mitochondrialen Energiestoffwechsel bei halothanbehandelten Enten.....	155
Tab. 119: Korrelationen zwischen dem Lebergewicht (absolut und relativ) und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels bei unbehandelten Enten.....	155
Tab. 120: Zusammenhänge zwischen den Vorbrutbedingungen und der mitochondrialen Enzymaktivität.....	156
Tab. 121: Darstellung der geschätzten Randmittel und der Standardfehler zu den histometrischen Parametern und den Merkmalen der Fleischbeschaffenheit in Abhängigkeit von der Vorbruttemperatur.....	157

Tab. 122: Darstellung der geschätzten Randmittel (LSQ +/- SE) zu den histometrischen Parametern und der Fleischbeschaffenheit in Bezug auf das Geschlecht und die Halothanbehandlung.....	158
Tab. 123: Signifikanzniveaus zu den die histometrischen Merkmale und die Fleischbeschaffenheit beeinflussenden Parametern.....	158
Tab. 124: Korrelationen zwischen den erhobenen histometrischen Parametern und der Fleischbeschaffenheit.....	162
Tab. 125: Berechnete Zusammenhänge zwischen den erhobenen histometrischen Parametern und der Fleischbeschaffenheit bei 36,5 °C Vorbruttemperatur.....	163
Tab. 126: Berechnete Zusammenhänge zwischen den erhobenen histometrischen Parametern und der Fleischbeschaffenheit bei 37,5 °C Vorbruttemperatur.....	164
Tab. 127: Berechnete Zusammenhänge zwischen den erhobenen histometrischen Parametern und der Fleischbeschaffenheit bei einer Vorbruttemperatur von 38,5 °C.....	165
Tab. 128: Beziehungen zwischen den erhobenen histometrischen Parametern und der Fleischbeschaffenheit bei halothanbehandelten Enten.....	166
Tab. 129: Korrelationen zwischen den erhobenen histometrischen Parametern und der Fleischbeschaffenheit bei nicht halothanbehandelten Enten.....	167
Tab. 130: Korrelationen zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und dem embryonalen O <sub>2</sub> -Verbrauch männlicher Enten bei variierenden Vorbrutbedingungen.....	169
Tab. 131: Korrelationen zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und dem embryonalen O <sub>2</sub> -Verbrauch weiblicher Enten bei variierenden Vorbrutbedingungen.....	170
Tab. 132: Zusammenhänge zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und der mitochondrialen Atmung männlicher Enten bei 36,5 °C Vorbruttemperatur.....	171
Tab. 133: Zusammenhänge zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und der mitochondrialen Atmung weiblicher Enten bei 36,5 °C Vorbruttemperatur.....	172
Tab. 134: Beziehungen zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und der mitochondrialen Atmung männlicher Enten bei 37,5°C Vorbruttemperatur.....	173

Tab. 135: Korrelationen zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und der mitochondrialen Atmung weiblicher Enten bei 37,5°C Vorbruttemperatur.....	174
Tab. 136: Zusammenhänge zwischen der mitochondrialen Atmung und den histometrischen Merkmalen und der Fleischbeschaffenheit bei männlichen Probanden und 38,5°C Vorbruttemperatur.....	175
Tab. 137: Zusammenhänge zwischen der mitochondrialen Atmung und den histometrischen Merkmalen und der Fleischbeschaffenheit bei weiblichen Probanden und 38,5°C Vorbruttemperatur.....	176
Tab. 138: Korrelationen zwischen den Parametern der mitochondrialen Atmung, der Fleischbeschaffenheit und den histometrischen Merkmalen bei halothan-behandelten männlichen Enten.....	177
Tab. 139: Zusammenhänge zwischen den Parametern der mitochondrialen Atmung, der Fleischbeschaffenheit und den histometrischen Merkmalen bei unbehandelten männlichen Enten.....	178
Tab. 140: Korrelationen zwischen den Parametern der mitochondrialen Atmung, der Fleischbeschaffenheit und den histometrischen Merkmalen bei halothan-behandelten weiblichen Enten.....	179
Tab. 141: Korrelationen zwischen den Parametern der mitochondrialen Atmung, der Fleischbeschaffenheit und den histometrischen Merkmalen bei unbehandelten weiblichen Enten.....	179
Tab. 142: Korrelationen zwischen den Herzgewichten (absolut und relativ), der Fleischbeschaffenheit und den histometrischen Merkmalen bei einer Vorbruttemperatur von 36,5 °C.....	180
Tab. 143: Zusammenhänge zwischen den Herzgewichten (absolut und relativ), der Fleischbeschaffenheit und den histometrischen Merkmalen bei einer Vorbruttemperatur von 37,5 °C.....	181
Tab. 144: Beziehungen zwischen den Herzgewichten (absolut und relativ) der Fleischbeschaffenheit und den histometrischen Merkmalen bei einer Vorbruttemperatur von 38,5 °C.....	182
Tab. 145: Zusammenhänge zwischen den Lebergewichten (absolut und relativ), der Fleischbeschaffenheit und den histometrischen Merkmalen bei einer Vorbruttemperatur von 36,5 °C.....	183

Tab. 146: Korrelationen zwischen den Lebergewichten (absolut und relativ), der Fleischbeschaffenheit und den histometrischen Merkmalen bei einer Vorbruttemperatur von 37,5 °C.....	184
Tab. 147: Korrelationen zwischen den Lebergewichten (absolut und relativ), den histometrischen Merkmalen sowie der Fleischbeschaffenheit bei einer Vorbruttemperatur von 38,5 °C.....	185
Tab. 148: Korrelationen zwischen den Herzgewichten (absolut und relativ), der Fleischbeschaffenheit und den histometrischen Merkmalen bei halothanbehandelten Enten.....	186
Tab. 149: Beziehungen zwischen den Herzgewichten (absolut und relativ), der Fleischbeschaffenheit und den histometrischen Merkmalen bei unbehandelten Enten	186
Tab. 150: Korrelationen zwischen den Lebergewichten (absolut und relativ), der Fleischbeschaffenheit und den histometrischen Merkmalen und bei halothanbehandelten Enten.....	187
Tab. 151: Beziehungen zwischen den Lebergewichten (absolut und relativ), der Fleischbeschaffenheit und den histometrischen Merkmalen bei unbehandelten Enten.....	188
Tab. 152: Korrelationen zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und der Lebendmasseentwicklung weiblicher Enten bei 36,5 °C Vorbruttemperatur.....	189
Tab. 153: Korrelationen zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und der Lebendmasseentwicklung weiblicher Enten bei einer Vorbruttemperatur von 36,5 °C.....	190
Tab. 154: Korrelationen zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und der Gewichtsentwicklung männlicher Enten bei einer Vorbruttemperatur von 37,5 °C.....	190
Tab. 155: Beziehungen zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und der Gewichtsentwicklung weiblicher Enten bei einer Vorbruttemperatur von 37,5 °C.....	191
Tab. 156: Zusammenhänge zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und der Gewichtsentwicklung männlicher Enten bei einer Vorbruttemperatur von 38,5 °C.....	192

---

Tab. 157: Beziehungen zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleisch- beschaffenheit und der Gewichtsentwicklung weiblicher Enten bei einer Vorbruttemperatur von 38,5 °C.....	193
Tab. 158: Zusammenhänge zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleisch- beschaffenheit und der Gewichtsentwicklung halothanbehandelter männlicher Enten.....	194
Tab. 159: Zusammenhänge zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleisch- beschaffenheit und der Gewichtsentwicklung unbehandelter männlicher Enten.....	195
Tab. 160: Korrelationen zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleisch- beschaffenheit und der Gewichtsentwicklung halothanbehandelter weiblicher Enten.....	196
Tab. 161: Zusammenhänge zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleisch- beschaffenheit und der Gewichtsentwicklung unbehandelter weiblicher Enten.....	196
Tab. 162: Zusammenhänge zwischen den Vorbrutbedingungen und den histometrischen Parametern sowie der Fleischbeschaffenheit.....	197



## Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1:	Darstellung zum Umfang der Entenfleischproduktion.....	4
Abb. 2:	Gewichtsentwicklung von männlichen und weiblichen Flug- und Pekingenten	6
Abb. 3:	Verlauf der embryonalen Atmungsaktivität von Perlhühnern ( <i>Numida meleagris</i> ).....	12
Abb. 4:	Zuwächse der Muskelfaserflächen von männlichen und weiblichen Flug- und Pekingenten.....	26
Abb. 5:	Zunahmen von Herz und Körper bei Flugenten, ausgedrückt in Prozent vom Reifegewicht.....	29
Abb. 6:	Wachstumsverlauf von Herz und Körper bei Flugenten, ausgedrückt in Prozent vom Reifegewicht.....	29
Abb. 7:	Darstellung einer modifizierten Clarkzelle zur Messung der embryonalen Atmung.....	41
Abb. 8:	Darstellung einer Clarkzelle zur Bestimmung der mitochondrialen Atmungsaktivität.....	46
Abb. 9:	Abbildung zum Verlauf der mitochondrialen Atmung in Status 1-4.....	47
Abb. 10:	Geometrische Parameter des Bildanalysesystems.....	51
Abb. 11:	Darstellung des Schlupfergebnisses (in Prozent) unter Berücksichtigung der variierenden Vorbrutbedingungen.....	56
Abb. 12:	Darstellung der geschätzten Randmittel der Änderungen des Sauerstoffverbrauchs durch Halothaneinwirkung.....	64
Abb. 13:	O <sub>2</sub> -Verbrauch am 26. Brutttag Verbindung mit dem Frischeigewicht unter besonderer Berücksichtigung der Halothanbehandlung.....	65
Abb. 14:	Sauerstoffverbrauch in Abhängigkeit von Schlupf und Geschlecht bei variierenden Bruttemperaturen.....	67
Abb. 15:	O <sub>2</sub> -Verbrauch am 25. Brutttag eingeteilt in Rangklassen unter Berücksichtigung des Geschlechts und der Schlupffähigkeit.....	68
Abb. 16:	Einfluss der Höhe der Vorbruttemperatur auf die Gewichtsentwicklung.....	71
Abb. 17:	Einfluss der Halothanbehandlung auf die Gewichtsentwicklung.....	73
Abb. 18:	Einfluss der Höhe der Vorbruttemperaturen auf die täglichen Zunahmen.....	75
Abb. 19:	Einfluss der Halothanbehandlung auf die täglichen Zunahmen.....	76

---

Abb. 20: Mitochondrialer Sauerstoffverbrauch unter Berücksichtigung der Vorbrutbedingungen und des Geschlechts.....	89
Abb. 21: Darstellung zur Ausprägung des ADP/ O-Wertes und des Respiratorischen Kontrollwertes unter Berücksichtigung der Vorbrutbedingungen und des Geschlechts.....	90
Abb. 22: Darstellung zum Gesamtthyroxingehalt im Blutplasma unter Berücksichtigung von Geschlecht und Brutbedingung.....	101
Abb. 23: Darstellung zum Gehalt freien Thyroxins im Blutplasma in Abhängigkeit von Brutregime und Geschlecht.....	102
Abb. 24: Abbildung zur mitochondrialen Enzymaktivität unter Berücksichtigung von Brutregime und Geschlecht.....	117
Abb. 25: Abbildung zu den absoluten Organgewichten unter Berücksichtigung von Brutregime und Geschlecht.....	137
Abb. 26: Abbildung zu den Organgewichten im Verhältnis zur Lebendmasse unter Berücksichtigung von Brutregime und Geschlecht.....	138
Abb. 27: Abbildung zur Faseranzahl und -fläche unter Berücksichtigung des Brutregimes.....	159
Abb. 28: Darstellung zu den Parametern der Fleischbeschaffenheit unter Berücksichtigung der Brutbedingungen.....	159
Abb. 29: Darstellung zu den Abmessungen der Muskelfasern unter Berücksichtigung der Brutbedingungen.....	160

---

**Verzeichnis der Abkürzungen**

ADP = .....	Adenosin-Diphosphat
ADP/ O = .....	ADP/ O-Quotient
ATP = .....	Adenosin-Triphosphat
BSA = .....	Bovines Serumalbumin
bzw. = .....	beziehungsweise
ca. = .....	circa
cm = .....	Zentimeter
d = .....	Tag
d.h. = .....	das heißt
dl = .....	Deziliter
EDTA = .....	Ethylendiamintetraacetat
ELF = .....	elektrische Leitfähigkeit
FAD = .....	Flavinadenindinucleotid (oxidiert)
FADH <sub>2</sub> = .....	Flavinadenindinucleotid (reduziert)
GH = .....	Growth Hormon
GLDH = .....	Glutamatdehydrogenase
g = .....	Gramm
GSH = .....	Glutathion
h = .....	Stunde
kg = .....	Kilogramm
kJ = .....	Kilojoule
l = .....	Liter
LSQ = .....	Least-Squares
M = .....	Mol
ml = .....	Milliliter
mM = .....	Millimol
mm <sup>2</sup> = .....	Quadratmillimeter
M. = .....	Musculus
mS = .....	Millisiemens
n = .....	Anzahl
NADH = .....	Nicotinamidadenindinukleotid
ng = .....	Nanogramm

---

nm	=	.....	Nanometer
n. s.	=	.....	nicht signifikant
O	=	.....	atomarer Sauerstoff
O <sub>2</sub>	=	.....	molekularer Sauerstoff
p	=	.....	Probability
p. a.	=	.....	pro Jahr
pH	=	.....	negativer dekadischer Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration
RCR	=	.....	Respiratorischer Kontrollwert
SD	=	.....	Standardabweichung
SDH	=	.....	Succinatdehydrogenase
SE	=	.....	Standardfehler
Temp.	=	.....	Temperatur
tgl.	=	.....	täglich
TRIS	=	.....	Tris-(hydroxymethyl) aminomethan
T <sub>3</sub>	=	.....	Triiodthyronin
T <sub>4</sub>	=	.....	Thyroxin
u.	=	.....	und
U/ min.	=	.....	Umdrehung/ Minute
?	=	.....	Delta, absolute Differenz
°C	=	.....	Grad Celsius
µg	=	.....	Microgramm
µl	=	.....	Microliter
µm	=	.....	Micrometer
µm <sup>2</sup>	=	.....	Quadratmicrometer
*	=	.....	p< 0,05
**	=	.....	p< 0,01
***	=	.....	p< 0,001

## **1 Einleitung und Problemstellung**

Die Erzeugung von Geflügelfleisch ist in den vergangenen Jahren in Deutschland sowie in der gesamten Europäischen Union kontinuierlich gewachsen. Die höchsten Steigerungsraten wurden hier auf dem Putensektor erzielt, gefolgt von der Hähnchenfleischerzeugung. Konstant blieb dagegen der Verzehr von Entenfleisch.

Im Hinblick auf die zu erwartende zukünftige Marktentwicklung und auf die geringe Verzehrsmenge von Entenfleisch stellt sich die Frage, ob durch die Verbesserung der züchterischen Verfahren ein Beitrag zur Steigerung der Konkurrenzfähigkeit von Flugenten gegenüber anderen Geflügelarten geleistet werden kann.

Demzufolge ist es Ziel und Aufgabenstellung dieser Arbeit zu analysieren, inwieweit zellphysiologische Merkmale des Energiestoffwechsels und endokrinologische Parameter als indirekte Selektionskriterien geeignet sind, bei der Züchtung von Flugenten eingesetzt zu werden. Von besonderem Interesse sind dabei Merkmale, die zu einem frühestmöglichen Zeitpunkt zu bestimmen sind.

Des weiteren soll der Einfluss variierender Brutbedingungen auf die Stoffwechselaktivität, die Hormonspiegel, die histometrischen Merkmale und die Fleischbeschaffenheit sowie auf die Ausprägung biologischer Zielmerkmale, wie Vitalität und die Entwicklung der Lebendmasse, quantifiziert werden. Abschließend wird geprüft, wie die beschriebenen Merkmale miteinander korreliert sind und ob sich bestehende Zusammenhänge in Abhängigkeit von den Brutbedingungen stärker darstellen lassen.

In diesem Zusammenhang sollen die Ausprägungen dieser Merkmale und bestehende Korrelationen zwischen den betreffenden Parametern, anhand der Literatur, spezieübergreifend verglichen werden.

Im Mittelpunkt steht dabei der Einfluss der embryonalen Atmungsaktivität auf die spätere Leistungsbereitschaft der Tiere. Vor diesem Hintergrund werden die Brutbedingungen modifiziert, um feststellen, ob bei bestimmten Brutregimen stärkere Zusammenhänge zwischen wirtschaftlich wichtigen Merkmalen und der embryonalen Atmungsaktivität errechnet werden können.

Hierzu werden Bruteier von Flugenten bei variierenden Brutbedingungen inkubiert, und am 25. und 26. Bruttag erfolgt dann die Messung des embryonalen Sauerstoffverbrauchs. Nach dem Schlupf werden die Tiere unter standardisierten Bedingungen aufgezogen. Dabei erfolgt in regelmäßigen Abständen die Erfassung ihres Lebendgewichtes. Zusätzlich wird die Thyroxinkonzentration im Blutplasma der Tiere bestimmt und mit der embryonalen Atmungsintensität und der postnatalen Gewichtsentwicklung verglichen. Nach der

Schlachtung werden als weitere, die Stoffwechselaktivität beschreibende Parameter die Merkmale der mitochondrialen Atmung sowie die mitochondriale Enzymaktivität in Herz- und Leberfrischmasse gemessen und in Verbindung mit der embryonalen Atmung und der Entwicklung der Lebendmasse betrachtet. Des weiteren werden post mortem die Herz- und Lebergewichte bestimmt, histometrische Untersuchungen sowie die Bestimmung der Fleischbeschaffenheit der Brustmuskulatur der Flugenten durchgeführt und mit der embryonalen Atmungsaktivität und der postnatalen Gewichtsentwicklung in Beziehung gesetzt.

Nach den Ergebnissen von HILLER (1994) und KESSLER (1998) wäre zu vermuten, dass speziesübergreifend auch bei Flugenten ein positiver Zusammenhang zwischen der embryonalen Stoffwechselaktivität und dem postnatalen Leistungsvermögen besteht. Durch die Erfassung der embryonalen Atmungsaktivität wäre eine Selektionsentscheidung schon im Embryonalstadium der betreffenden Tiere möglich. Daraus ergäbe sich eine erhebliche Verkürzung des Generationsintervalls, in Verbindung mit einer Beschleunigung des Zuchtfortschrittes, wodurch deutliche Kostensenkungen in Bezug auf die Testverfahren realisiert werden könnten.

## 2 Literaturübersicht

### 2.1 Wirtschaftliche Bedeutung von Geflügelfleisch, insbesondere von Entenfleisch

Die Weltproduktion an Geflügelfleisch verzeichnete in den vergangenen Jahren hohe Wachstumsraten. Im Zeitraum von 1990-1996 nahm die Erzeugung durchschnittlich um 6 % p.a. zu. Seit 1997 schwächten sich die Zuwächse in diesem Bereich weltweit etwas ab, dennoch wurden Produktionssteigerungen von etwa 3 % p.a. erreicht. Aufgrund dieser überdurchschnittlichen Zuwachsraten wurde Geflügelfleisch mit einem Anteil von 28 % an der Weltfleischproduktion die zweitwichtigste Fleischart nach dem Schweinefleisch (ANONYM, 2000a).

Weltweit wurden im Jahr 1999 63,25 Mio. t Geflügelfleisch erzeugt (ANONYM, 2000 a). Davon waren 2,70 Mio. t Entenfleisch, wovon der überwiegende Teil in China produziert wurde (siehe Abb. 1). In Europa wurden in diesem Zeitraum 0,33 Mio. t Entenfleisch erzeugt, wobei Frankreich mit einer Produktion von 0,22 Mio. t an der Spitze lag. Deutschlandweit erreichte die Produktion lediglich 0,038 Mio. t (ANONYM, 2001a).

In Deutschland nahm die Erzeugung von Geflügelfleisch 1999 gegenüber dem Vorjahr um 4,2 % zu. Hier war neben einer deutlichen Steigerung des Anteils von Putenfleisch an der Gesamterzeugung auch ein leicht überdurchschnittlicher Zuwachs der Produktion von Entenfleisch zu verzeichnen (ANONYM, 2000b). Die Erzeugung stieg von 0,036 Mio. t auf 0,038 Mio. t (ANONYM, 2001a).

Der Selbstversorgungsgrad an Geflügelfleisch insgesamt erreichte in Deutschland 1999 lediglich 64,6 % (ANONYM, 2000a). Die Nachfrage nach Entenfleisch konnte nur zu 40 % durch die eigene Produktion bedient werden (SCHULTZ, 2000). Zum Vergleich: In Dänemark und in den Niederlanden beträgt der Selbstversorgungsgrad mit Geflügelfleisch 230 %, in Frankreich werden 163 % erreicht (ANONYM, 2000a).

Der Pro-Kopf-Verbrauch von Geflügelfleisch der deutschen Konsumenten betrug 2000 15,4 kg. Dieser teilte sich auf in 0,4 kg Gänsefleisch, 0,9 kg Entenfleisch, 5,0 kg Puten, 0,9 kg Suppenhühner und 8,2 kg Hähnchenfleisch. Damit liegt der Pro-Kopf-Verbrauch deutlich unter dem EU- Durchschnitt von 21,2 kg. Spitzenwerte erreichen hier die Spanier und die Iren mit 30 kg. Weltweit betrachtet verzehren jedoch die US-Amerikaner mit etwa 50 kg die größten Mengen an Geflügelfleisch (ANONYM, 2001b).

Die deutsche Geflügelwirtschaft sowie der deutsche Geflügelfleischverbrauch weisen somit noch ein hohes Steigerungspotential auf, wobei jedoch davon ausgegangen wird, dass europäische Spitzenwerte aufgrund der hiesigen Verzehrsgewohnheiten nicht erreicht werden (BÖTTCHER, 2000).

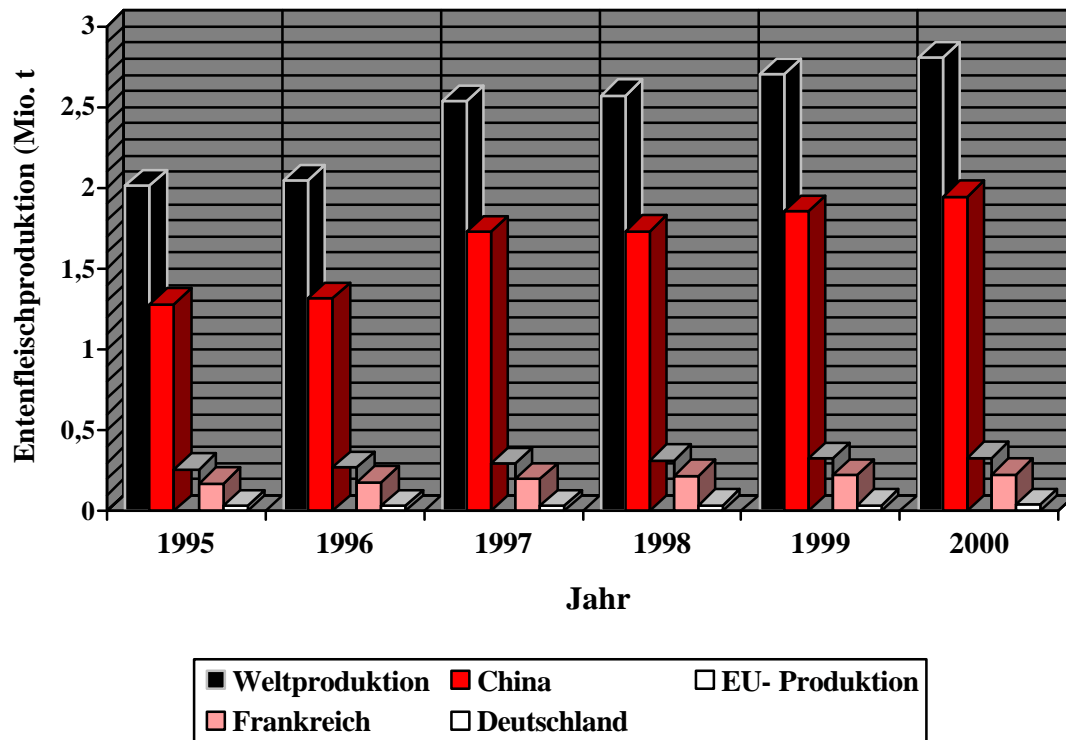


Abb. 1: Darstellung zum Umfang der Entenfleischproduktion (ANONYM, 2001a)

## 2.2 Beschreibung der Leistung kommerziell genutzter Ententypen

Ähnlich wie bei Hühnern und Puten spielen auch bei der Erzeugung von Entenfleisch weniger Rassen eine Rolle, sondern vielmehr Linien und Linienhybriden. Dies sind Hybriden auf der Basis von Pekingenten bzw. Flugenten sowie deren Kreuzungen, die sogenannten Mularden (GOLZE, 2000).

Die Pekingenten unterscheiden sich von den Flugenten zunächst dadurch, dass sie verschiedenen Arten angehören. Während die Pekingente aus der in der nördlichen Hemisphäre beheimateten Stockente (*Anas platyrhynchos*) hervorgegangen ist, stammt die Flugente von der in Südamerika lebenden Moschusente (*Cairina moschata*) ab (PINGEL, 1985).



Des weiteren unterscheiden sich die genannten Ententypen erheblich in der Mast- und Reproduktionsleistung (siehe Tab. 1 und Abb. 2).

Die Flugente zeichnet sich durch einen, im Vergleich zur Pekingente, hohen Brustmuskelanteil und einen geringen Schlachtkörperfettgehalt aus. Negativ zu werten sind hier die kurze Reproduktionsdauer von nur 26-28 Wochen und der stark ausgeprägte Geschlechtsdimorphismus (GOLZE, 2000).

Nach SAUVEUR (1990) ist der Geschlechtsdimorphismus bei der Pekingente im Vergleich zur Flugente wesentlich schwächer ausgeprägt (siehe Abb. 2). Hier beträgt die Differenz zwischen den Körpergewichten der Geschlechter lediglich 13,5 %. Nach 7-wöchiger Mast werden von den männlichen Pekingenten 3,3 kg und von den weiblichen Tieren 3,0 kg erreicht (ANONYM, 1994).

Hingegen übertrifft bei der Flugente der Erpel die Ente um das Zweifache, und schon in der 3. Lebenswoche sind signifikante Größenunterschiede festzustellen (LECLERQ, 1990). Bei den Flugenten beträgt die Mastdauer 10-12 Wochen, wobei die Enten 10 Wochen und die Erpel 12 Wochen gemästet werden. Das Mastendgewicht beträgt bei den weiblichen Flugenten nach 10 Wochen 2,5-3 kg, während von den Erpeln nach 12 Wochen 4,5-5 kg erreicht werden (BAEZA et al., 1998).

Die jeweilige Mastdauer ergibt sich aus den unterschiedlichen Wachstumsintensitäten der Tiere. Weibliche Enten erreichen im Vergleich zu den männlichen Tieren schneller ihr Reifegewicht (KNIZETOVA et al., 1991). Nach BAEZA et al. (1998) realisieren die weiblichen Tiere die größte Wachstumsintensität bereits nach 30 Tagen, bei den männlichen Enten werden die höchsten Wachstumsraten erst mit 35 Tagen erreicht. Im Alter von 7 Wochen konnten bei Flugenten deutliche Unterschiede zwischen dem Muskelwachstum von männlichen und weiblichen Tieren bestimmt werden. Die Erpel zeigen ein stärkeres Wachstum der Muskelfasern, welches, im Gegensatz zu den weiblichen Enten, bis über die 10. Lebenswoche hinaus anhält, woraus sich die unterschiedlichen Mastperioden ableiten lassen (SWATLAND, 1981).

Um die Vorzüge beider Entenarten zu nutzen, werden männliche Flugenten mit weiblichen Pekingenten gekreuzt. Diese Kreuzungsprodukte (Mularden) sind fleischreicher und fettärmer als Pekingenten (GOLZE, 2000), und der Geschlechtsdimorphismus ist hier weniger stark ausgeprägt als bei den Flugenten (RICARD, 1986). Das Körpergewicht der Mularden steigt bis zur 10. Lebenswoche stark an und schwächt sich dann langsam ab (siehe Abb. 2). Das Mastendgewicht beträgt für die männlichen Tiere nach 13 Wochen zwischen 4,5 und 4,7 kg, bei den weiblichen Enten zwischen 4,3 und 4,7 kg (BAEZA, 2000).

Tab. 1: Reproduktionsleistung von kommerziell genutzten Entenlinien (GOLZE, 2000)

Merkmal	Pekingenten	Flugenten
Dauer der Legeperiode (Wochen)	40-45	26-28
Anzahl der Legeperioden	1	2
Eier / weibl. Elterntier (Stück)	220-230	190-210
Befruchtungsrate (%)	95	88-94
Schlupfergebnis (% zur Einlage)	85	80
Küken / weibl. Elterntier (Stück)	180	150

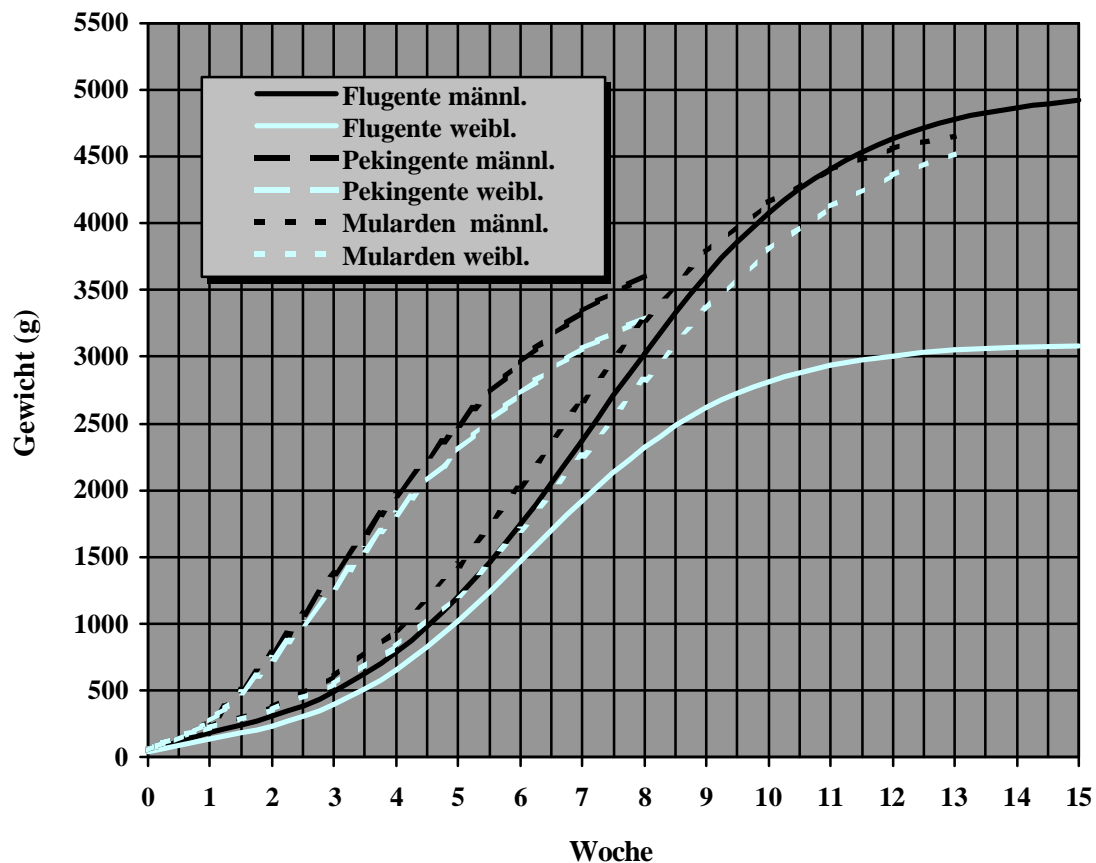


Abb. 2: Gewichtsentwicklung von männlichen und weiblichen Flug- und Pekingenten (ANONYM, 1994; BAEZA et al., 1998 u. BAEZA et al., 2000)

### 2.3 Embryonale Entwicklung von Vögeln

Die Embryonalentwicklung der Vögel von der befruchteten Eizelle bis hin zum schlupffähigen Küken verläuft vollständig innerhalb des durch die Eischale begrenzten Raumes. Daraus folgt, dass alle für das embryonale Wachstum notwendigen Stoffe mit Ausnahme des Sauerstoffes innerhalb der Eischale vorhanden sein müssen (VLECK et al., 1980). Für eine normale Entwicklung ist der Vogelembryo daher ausgestattet mit einer großen

Menge an Eidotter und umgeben von Eiklar (NAITO et al., 1989). Zu Beginn der Brut kommt es dann, ähnlich wie bei den Säugern, zur Ausbildung von Eihüllen und zur Anlage eines Dottersack- und Allantoiskreislaufs. Der Dottersackkreislauf dient dabei zur Aufnahme der Dottermassen, der Allantoiskreislauf der Nutzung des Eiweißes. Durch diese beiden Kreisläufe wird die Ernährung des Embryos sichergestellt, wobei der Allantoiskreislauf zusätzlich, durch seine Nähe zur Luftkammer, bis zum Einsetzen der pulmonalen Atmung das Atmungsorgan des Embryos darstellt (SALOMON, 1993).

### 2.3.1 Embryonales Wachstum

Im Verlauf der Brut weisen Vogelembryonen eine sehr hohe Wachstumsintensität auf, begleitet von einer starken Stoffwechselaktivität. Nach RICKLEFS und STARCK (1998) sind das Eigewicht und die Brutdauer die wichtigsten Faktoren, die das Wachstum bestimmen. Auch bei phänotypisch verschiedenen Arten sind dies die entscheidenden Parameter. CHRISTENSEN et al. (2000a) konnten bei Puten zusätzlich genetische Einflüsse auf das embryonale Wachstumsvermögen der Nachkommen von Vätern nachweisen, die auf Zuwachs selektiert waren. Es wird vermutet, dass sich das Gasaustauschvermögen der Schalen von Bruteiern auf die pränatale Entwicklungsintensität der betreffenden Embryonen auswirkt (CHRISTENSEN und NESTOR, 1994a).

Bei Untersuchungen an Hühnern fand AL-MURRANI (1978), dass höhere Eigewichte mit einer ausgeprägteren embryonalen Wachstumsintensität verbunden waren. MARMATSU (1990) beobachtete bei Hühnern der Rasse Weiße Leghorn bis zum 14. Bruttag keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gewichten der Embryonen aus leichten bzw. schweren Eiern. Erst nach 20 Tagen traten hier deutliche Differenzen auf.

Nach AR (1985) konnten bei verschiedenen Vogelarten deutliche Unterschiede bezüglich der durchschnittlichen Zuwachsraten zwischen den einzelnen Arten bestimmt werden. Diese erstreckten sich bei einer Brutdauer von 14 Tagen und einem Eigewicht von 0,86 g von  $0,06 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$  (*Nectarina osea*) bis  $21,7 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$  bei 42tägiger Brut und einem Eigewicht von 1362 g (*Struthio camelus*).

Der durchschnittliche tägliche Gewichtszuwachs als Maß für die Wachstumsaktivität wird definiert durch das Schlupfgewicht, dividiert durch die Anzahl der Bruttage (I). Das Schlupfgewicht ergibt sich aus dem Eigewicht (W) multipliziert mit dem Faktor 0,67 (HEINROTH, 1922).

Daraus folgt, dass mit Hilfe des Eigewichts und der Länge der Brutdauer indirekt Aussagen über die durchschnittlichen täglichen Zunahmen (tgl. Zunahme =  $0,67 \cdot (W/I)$ ) getroffen werden können (AR, 1985). Daraus lassen sich für Pekingenten mit einem Eigewicht von etwa 79 g und einer Brutdauer von 28 Tagen durchschnittliche Zuwachsraten von  $1,9 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$  und für Flugenten mit einer Inkubationszeit von 35 Tagen und einem Eigewicht von ca. 64 g,  $1,5 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$  berechnen.

Deutliche Unterschiede zwischen den Wachstumsverläufen wurden von VLECK et al. (1979) zwischen Nesthockern und Nestflüchtern ermittelt. Bei den Nesthockern, die blind, nackt und hilflos schlüpfen, steigen die täglichen Zuwächse kontinuierlich an, während Nestflüchter, die schon direkt nach dem Schlupf in der Lage sind, zu laufen und selbständig Futter aufzunehmen, ihr Schlupfgewicht schon nach Ablauf von 80 % der gesamten Brutdauer erreichen. Innerhalb dieses Zeitraums nimmt der Körperzuwachs ebenfalls stetig zu. Nach Erreichen dieses Maximums verringert sich dann das Wachstum bis der Schlupf erfolgt.

Daraus folgt, dass mit Ausnahme der Tauben, das landwirtschaftlich genutzte Geflügel ausschließlich zu den Nestflüchtern gehört.

### **2.3.2 Embryonale Atmung und Stoffwechselaktivität**

Parallel zu dem Verlauf der Gewichtsentwicklung der Vögel nimmt auch die Stoffwechselintensität mit zunehmender Inkubationszeit stark zu (siehe Abb. 3). Vogel-embryonen entwickeln sich in ihrem thermoneutralen Bereich in einem „quasi-steady state“; 70-80 % des gesamten Energiebedarfs während der Entwicklung werden hierbei zur Erhaltung des Körpergewebes benötigt, nur 20 % für das eigentliche Wachstum (AR, 1999).

Um die Stoffwechselaktivität bzw. deren Verlauf über die gesamte Brut hinweg erfassen zu können, wird in der Regel die Menge des veratmeten Sauerstoffs erfasst. Zum Teil wird auch die entstandene Menge Kohlendioxid bestimmt (VLECK et al., 1980). Der Sauerstoffverbrauch wird im Verhältnis zum Eigewicht betrachtet und in ml/ g Eigewicht angegeben. In der Literatur wird der Gesamtsauerstoffverbrauch unabhängig von der Vogelart mit 90 ml/ g angegeben (AR et al., 1978). HOYT et al., (1980) schätzten für 34 verschiedene Spezies einen Sauerstoffverbrauch von 102 ml/ g. Wird der gesamte Sauerstoffverbrauch umgerechnet in Energieeinheiten pro g Ei, um den nötigen Energiebedarf zur Umwandlung von einer Einheit Eimasse in eine vergleichbare Einheit entwickelte Kükenmasse zu berechnen, ergeben sich für Nesthocker ca. 0,3 bis  $1,1 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$  und für Nestflüchter etwa 0,4 bis  $2,1 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$  Eimasse (VLECK et al., 1987).

Daraus ergäbe sich für die Erzeugung eines schlupffähigen Kükens von Nestflüchtern ein im Vergleich zu den Nesthockern um 25 % höherer Energiebedarf. Bezieht man allerdings den in Energieeinheiten pro g Eimasse umgerechneten Sauerstoffverbrauch auf die Bildung eines schlupffähigen Kükens ohne Dotter, besteht kein Unterschied mehr zwischen Nesthockern und Nestflüchtern (AR et al., 1999).

VLECK et al. (1980) ermittelten aufgrund der unterschiedlichen Entwicklungsverläufe von Nestflüchtern und Nesthockern bei gleicher Inkubationsdauer und Eigröße Unterschiede zwischen den jeweiligen Energiebedürfnissen. Nesthocker benötigen demzufolge für ihre Entwicklung 30-50 % weniger Energie als Nestflüchter. Dieser Mehrbedarf im Vergleich zu den Nesthockern wird hervorgerufen durch das stärkere Körperwachstum zu Beginn der Inkubation und den dadurch über eine längere Periode erhöhten Erhaltungsbedarf.

Die Stoffwechselaktivität von Nesthockern steigert sich langsamer als die von Nestflüchtern, nimmt aber kontinuierlich bis zum Schlupf zu. Nach Ablauf von 80 % der Brutdauer werden von Nestflüchtern bereits 100 % der maximalen Stoffwechselintensität erreicht. Nesthocker weisen zu diesem Zeitpunkt erst 65 % des Stoffwechselmaximums auf (VLECK et al., 1980).

Nach AL-MURRANI (1978) wirkt sich die pränatale Stoffwechselaktivität bei Hühnern entscheidend auf das spätere Wachstumsvermögen aus. Daraufhin wurde untersucht, ob diesbezüglich Unterschiede zwischen Hühnerlinien verschiedener Nutzungsrichtungen (Dwarf und Broiler) bestehen. Von besonderem Interesse war hier der embryonale Proteinumsatz der verschiedenen Linien. Im Vergleich zur Wachstumsintensität unterschied sich der Proteinumsatz der verschiedenen Linien schon am 12. Bruttag. Es zeigte sich, dass der Proteinumsatz bei der Dwarf-Linie (langsam wachsend) signifikant höher war als bei den Broilern, wobei diese jedoch schon am 14. Bruttag höhere Körpergewichte erreichten (MARAMATSU, 1990). In langsam wachsenden Linien ist der Proteinumsatz zwar hoch, die Proteinsynthese aber gering. Bei den Broilern hingegen ist der Proteinumsatz geringer, der Proteinansatz aber effizienter. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen BATES und MILWARD (1981). Gleichzeitig ist eine ineffiziente Proteinsynthese verbunden mit einer eingeschränkten Energieausnutzung, da die Proteinsynthese ein energieaufwendiger Prozess ist (WATERLOW et al., 1978).

Zusätzlich wurde untersucht, ob sich die embryonale Stoffwechselintensität auf die Schlupffähigkeit auswirkt. Nach NESTOR und NOBLE (1995) bestehen negative Korrelationen zwischen einem ausgeprägtem Wachstumsvermögen, der embryonalen Lebensfähigkeit und dem Schlupfvermögen. Dies wird nicht nur auf zunehmende Eigewichte,

sondern auch auf eine nicht ausreichende Gasdurchlässigkeit der Eierschalen zurückgeführt (CHRISTENSEN und NESTOR, 1994a). Durch den geringen Sauerstoffgehalt in der Luftkammer zum Ende der embryonalen Entwicklung ist der Embryo auf eine anaerobe Energiegewinnung angewiesen (RAHN, 1981). In diesem Stadium steigt der Blutglucose-Spiegel an, während die Glucosekonzentration in den Geweben abnimmt. Das Ei selber enthält nur geringe Mengen an Glucose; sie wird zu Beginn der Inkubation gebildet und im Körpergewebe gespeichert, um dann zum Ende der Brut, genutzt werden zu können (FREEMAN, 1965). Durch gluconeogenetische Prozesse wird die nötige Energie für die Glucosespeicherung bereitgestellt. Die Gluconeogenese verläuft dabei in der Leber, wo Lactat bei sinkenden Glucosegehalten im Blut in Glucose-6-Phosphat umgewandelt wird (WATFORD et al., 1981).

Eine erhöhte Stoffwechselaktivität, verbunden mit einem ausgeprägtem Wachstum, führte nach CHRISTENSEN (2000a) zu einem erhöhten Sauerstoffbedarf, der aber durch die Gasdurchlässigkeit nicht in ausreichendem Maße gedeckt werden konnte. Schnell wachsende Embryonen waren danach nicht in der Lage, einen verstärkten Sauerstoffmangel, hervorgerufen durch eine verringerte Schalendurchlässigkeit, physiologisch zu kompensieren. Während leichte Embryonen bei Sauerstoffmangel die notwendige Energie durch eine stärkere Gluconeogenese bereitstellten, steigerten die schweren Embryonen zwar auch die Gluconeogenese, im Vergleich zu den leichten Embryonen nahmen aber gleichzeitig Muskel-, Herz- und Lebergewebe zu, für deren Versorgung die Gluconeogenese nicht ausreichend erhöht werden konnte.

### **2.3.3 Verlauf der embryonalen Atmungsaktivität**

Bei allen Nestflüchtern, zu denen mit Ausnahme der Tauben die wirtschaftlich bedeutenden Geflügelarten gehören, verläuft der pränatale Sauerstoffverbrauch nach einem ähnlichen Muster (siehe Abb. 3). Der maximale Sauerstoffverbrauch wird nach Ablauf von 80 % der jeweiligen Brutdauer erreicht (VISSCHEDJIK, 1968). Bis zu diesem Zeitpunkt steigt der pränatale O<sub>2</sub>-Verbrauch zunächst exponentiell an, dann schwächen sich die Zuwachsraten progressiv ab, und es kommt zur Ausbildung einer Plateauphase (ANCEL, 1993). Diese Plateauphase bzw. die Reduktion des Sauerstoffverbrauchs wird hervorgerufen durch den Sauerstoffmangel im Ei, der in Zusammenhang steht mit dem rapiden Wachstum des Kükens, einem steigenden CO<sub>2</sub>- bzw. einem abnehmendem O<sub>2</sub>-Partialdruck und der Umschaltung vom Allantoiskreislauf auf die Lungenatmung (CHRISTENSEN et al., 1997). Hat sich diese

komplett entfaltet, nimmt die Atmungsaktivität wieder zu (REINER et al., 1995). Vor der Umstellung vom Allantoiskreislauf auf die pulmonale Atmung durchstößt das Küken die innere Schalenmembran und dringt damit in die Luftkammer des Eies ein. Dies wird in der Literatur als internal pipping (IP), die Phase vor dem IP als präinternal pipping (prä-IP) bezeichnet (VISSCHEDJIK, 1968). IP- und Plateauphase stellen kritische Abschnitte in der Embryonalentwicklung dar. Neben der Umstellung der Atmung kommt es in diesem Stadium hormonbedingt zur Ausreifung von vitalem Körpergewebe, und die selbständige Thermoregulation beginnt (DECUYPERE et al., 1991). Mit zunehmender Verweildauer der Embryonen in diesen kritischen Phasen nimmt die embryonale Mortalität zu. Insbesondere Puten zeigen im Vergleich zu anderem Geflügel längere IP- und Plateauphasen. Durch die Selektion auf Mast- und Legeleistung kam es zu einer Ausdehnung dieser Abschnitte, die mit erhöhten Mortalitätsraten verbunden waren (CHRISTENSEN et al., 1993).

Nach Durchlaufen der Plateauphase und im Anschluss an das internal pipping kommt es dann zur Entfaltung der pulmonalen Atmung, und der Sauerstoffverbrauch steigt sehr stark an, was mit dem Durchstoßen der Eierschale, dem external pipping (EP), und dem eigentlichen Schlupf zusammenfällt (ANCEL, 1993).

#### **2.3.4 Embryonale Atmung in Bezug auf Schlupffähigkeit und Geschlecht**

In Untersuchungen von HILLER (1994) konnten bei Hühnerembryonen signifikante Unterschiede zwischen dem embryonalen O<sub>2</sub>-Verbrauch von schlupffähigen im Vergleich zu nicht schlupffähigen Probanden festgestellt werden. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch KESSLER (1998) ebenfalls bei Hühnern und GRÖSCHL (1998) bei Puten. Den genannten Untersuchungen zufolge veratmeten die nicht schlupffähigen Embryonen erheblich weniger Sauerstoff als die schlupffähigen.

Zusätzlich wurde in den genannten Arbeiten untersucht, ob Unterschiede zwischen den Stoffwechselaktivitäten der männlichen und weiblichen Embryonen bestehen. HILLER (1994) konnte am 11. Bruttag bei Legehühnern einen signifikanten Geschlechtseffekt beobachten. Zu diesem Zeitpunkt veratmeten die männlichen Embryonen erheblich mehr Sauerstoff als die weiblichen. Bei einer erneuten Messung am 16. Bruttag konnten diese Differenzen jedoch nicht bestimmt werden. Ähnliches berichtet KESSLER (1998). Bei der Erfassung der Atmungsaktivität von Hühnerembryonen am 13. Bruttag konnten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den Geschlechtern gemessen werden.

Auch GRÖSCHL (1998), die den embryonalen  $O_2$ -Verbrauch bei Puten am 19. und 20. Bruttag festhielt, konnte keine signifikanten Differenzen zwischen den Geschlechtern bezüglich des embryonalen Sauerstoffverbrauchs ermitteln.

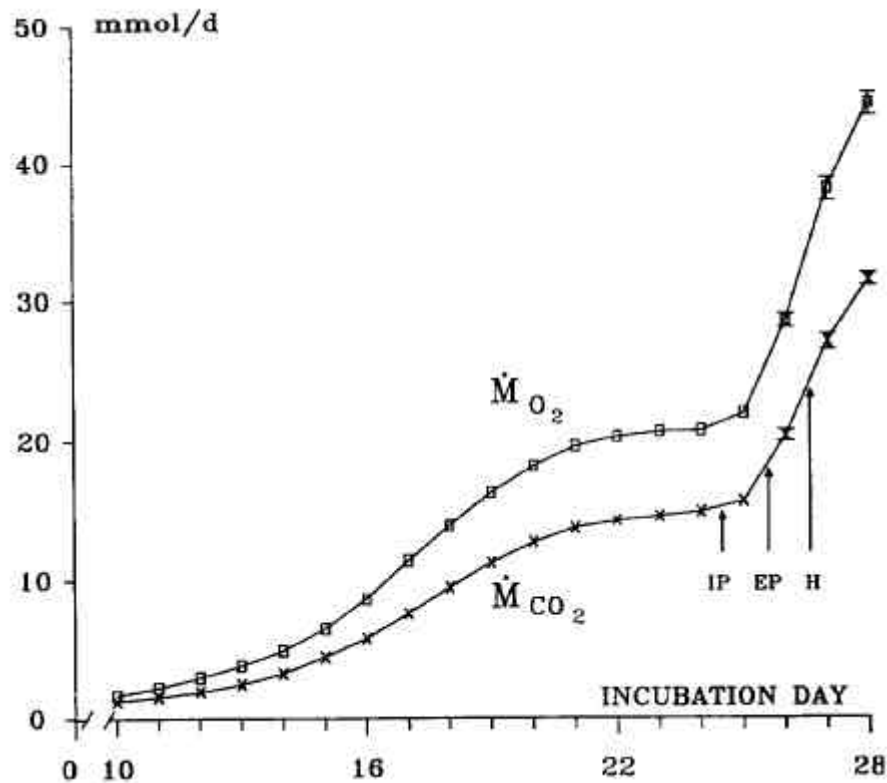


Abb. 3: Verlauf der embryonalen Atmungsaktivität von Perlhühnern (*Numida meleagris*) ( $\dot{M}_{O_2}$  = durchschnittliche  $O_2$ -Aufnahme,  $\dot{M}_{CO_2}$  = durchschnittliche  $CO_2$ -Abgabe, IP = Durchstoßen der inneren Eimembran, EP = Durchstoßen der Eischale, H = Schlupf) (ANCEL, 1993)

### 2.3.5 Umwelteinflüsse auf die embryonale Stoffwechselaktivität

Mit der Befruchtung der Eizelle beginnt die Entwicklung des Embryos, die entscheidend durch die verschiedenen Umwelteffekte beeinflusst wird. Als wichtigster einzelner Umweltfaktor ist hier die Temperatur zu nennen, die sich gravierend auf die Embryonalentwicklung und die Schlupffähigkeit auswirkt. Die Schlupffähigkeit gilt in diesem Zusammenhang als Kriterium für eine optimale prä- und postnatale Entwicklung der Probanden (DECUYPERE et al., 1992). Weitere, den Inkubationserfolg mitbestimmenden Faktoren sind die Luftfeuchte bei der Lagerung und der Inkubation (SWANN et al., 1990),



das Wenden der Bruteier während der Brut (PEARSON et al., 1996) und insbesondere zum Ende der Brut, die Höhe des O<sub>2</sub>-Partialdruckes innerhalb des Brüters (CHRISTENSEN, 1999). Des weiteren spielt, im Zusammenhang mit der Temperatur, die Lagerungsdauer der Bruteier vor dem Beginn der Inkubation eine Rolle. Bei Temperaturen unter dem physiologischen Nullpunkt können frisch gelegte Bruteier ohne größere Schlupfeinbußen über mehrere Tage gelagert werden. In der Literatur werden Temperaturen zwischen 20 °C (DECUYPERE, 1979) und 26,7 °C (FUNK et al., 1944) als Schwellenwert angegeben, der überschritten werden muß, damit die embryonale Entwicklung einsetzt. Sollen Bruteier bis zum Brutbeginn gelagert werden, muß die Lagertemperatur demnach deutlich unter den genannten Werten liegen. In der Literatur werden in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer unterschiedlich hohe Temperaturen angegeben. Werden die Bruteier 3-7 Tage gelagert, beträgt die optimale Lagerungstemperatur 16-17 °C, bei Lagerungszeiten von mehr als 7 Tagen beträgt das Temperaturoptimum 10-12 °C (WILSON, 1991). MC DONALD (1960) zeigte einen rapiden Abfall der Schlupfrate bei Bruteiern, die 1-7 Tage bei 26,7 °C gelagert wurden.

Die Schlupffähigkeit der Embryonen in Bezug auf die Lagerungstemperatur und die Lagerungsdauer ist zusätzlich abhängig von dem Stadium der Embryonalentwicklung während der Eibildung. Nach BUTLER (1991) bestehen bei Hühnern verschiedener Linien aufgrund der genetisch festgelegten Geschwindigkeit der frühen Zellteilung Unterschiede in der embryonalen Entwicklung zum Zeitpunkt der Eibildung. Embryonen, die sich während der Eibildung im Prä-Gastrulastadium befinden, reagieren anfälliger auf verlängerte Lagerungszeiten als Probanden im Gastrulastadium (COLEMAN et al., 1966). Bei Hühnerlinien, die schlechte Schlupfraten aufwiesen, konnten diese deutlich verbessert werden, indem die Bruteier während der Lagerung täglich für eine oder mehrere Stunden erwärmt wurden (BECKER et al., 1958). Dies läßt nach DECUYPERE et al. (1992) den Schluß zu, dass die Hühner der betreffenden Linien Eier legen, in denen sich die embryonale Entwicklung zum Zeitpunkt der Eiablage in einer frühen Phase des Blastodermalstadiums befindet.

#### **2.3.5.1 Einfluss der Bruttemperatur auf die embryonale Stoffwechselaktivität**

In den ersten Abschnitten ihrer Entwicklung verhalten sich die Vogelembryonen poikilotherm; d.h. die embryonale Stoffwechselaktivität ändert sich in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur. In der zweiten Hälfte der Brut übertrifft dann die Entstehung

metabolischer Körperwärme die Wärmeabgabe an die Umgebung, und die Temperatur innerhalb des Eies übersteigt die Umgebungstemperatur (TAZAWA und RAHN, 1986). Erst zum Ende der Brutzeit sind die Embryonen in geringem Umfang in der Lage, geringe Temperaturschwankungen durch die Erhöhung ihrer Stoffwechselaktivität zu kompensieren, wobei mit zunehmender Stoffwechselaktivität auch der embryonale Sauerstoffverbrauch zunimmt. Nach 18-tägiger Inkubationsdauer konnten Hühnerembryonen ihre Atmungsaktivität nahezu konstant halten, während gleichzeitig die Umgebungstemperatur 80 Minuten lang um 3 °C abgesenkt wurde (TAZAWA et al., 1989). Embryonen, die die Eischale nach außen hin bereits durchstoßen haben, sind in Abhängigkeit von ihrem Reifestadium nach TAZAWA und RAHN (1987), zum Teil mit der Fähigkeit zur selbständigen Thermoregulation ausgestattet. Direkt nach dem Schlupf ist dieses Thermoregulationsvermögen dann deutlich ausgeprägt, und gerade geschlüpfte Küken zeigen bei 28-30 °C stärkere Atmungsaktivitäten als die Kontrolltiere bei 38 °C (TAZAWA et al., 1989).

Temperaturabsenkungen während des Brutvorgangs verändern die embryonale Entwicklung, wobei jedoch die Wärmeerzeugung der Embryonen im jeweils gleichen Entwicklungsstadium konstant bleibt. Hühnerembryonen, die über die gesamte Brutdauer bei 35,5 °C inkubiert wurden, wiesen im Vergleich zur Kontrollgruppe bei gleichem Sauerstoffverbrauch unterschiedliche Wachstumsraten auf (TAZAWA, 1973). Des weiteren zeigten GEERS et al. (1983) in ihren Untersuchungen, dass eine höhere Bruttemperatur den Sauerstoffverbrauch pro Einheit embryonaler Trockenmasse heraufsetzt. Kühl gebrütete Embryonen zeigen zunächst ein eingeschränktes Wachstumsvermögen. Werden sie anschließend wieder bei optimalen Temperaturen inkubiert, wachsen sie jedoch schneller als die Kontrolltiere. Dieses Wachstum ist dann verbunden mit einer stärkeren metabolischen Wärmeerzeugung pro Einheit embryonaler Trockenmasse.

### **2.3.5.2 Einfluss der Bruttemperatur auf die Embryonalentwicklung**

Die optimale Höhe der Bruttemperatur liegt bei den meisten Geflügelarten zwischen 37 °C und 38 °C, wobei ein Schlupf auch noch bei Temperaturen zwischen 35 °C und 40,5 °C möglich ist (FRENCH, 1997). Steigen die Temperaturen innerhalb des Eies auf 46,5 °C, sterben die Embryonen ab (ONO et al., 1994).

Schon geringe Abweichungen von der Optimaltemperatur können gravierende Auswirkungen auf die Embryonalentwicklung und den Schlupferfolg nach sich ziehen (WILSON, 1991).

BARROTT (1937) beschreibt beim Huhn 37,8 °C als Optimaltemperatur, wobei Schwankungen im Bereich von  $\pm 0,3$  °C nicht überschritten werden sollen. Nach FRENCH (1997) ist die optimale Temperaturhöhe zum einen abhängig von jener Temperatur innerhalb des Brutschrankes, die tatsächlich in der nächsten Umgebung des Eies besteht, zum anderen von der Höhe der metabolischen Wärmeerzeugung des Embryos. Nach CHRISTENSEN et al. (1994b) variiert die Höhe der Optimaltemperatur innerhalb verschiedener Geflügellinien und ist abhängig von der Eimasse (FRENCH, 1994a). Bei Puten, die unter hohen Bruttemperaturen inkubiert wurden (38,5 °C), verringerte sich die Schlupffähigkeit mit zunehmenden Eigewichten. Bei großen Bruteiern wurde das beste Schlupfergebnis bei einer Temperatur von 36,5 °C erzielt. Die abnehmende Schlupffähigkeit bei hohen Bruttemperaturen ist die Folge einer erhöhten Embryonensterblichkeit zwischen dem 24. und 26. Bruttag. Die These, dass Embryonen in großen Bruteiern empfindlicher auf hohe Bruttemperaturen reagieren, wird durch die Ergebnisse von ORGUNSHILE et al. (1995) unterstützt. Hier nahm bei Normaltemperatur inkubierten Broilern die Schlupffähigkeit mit zunehmenden Eigewichten ab.

Generell beeinflusst die Höhe der Bruttemperatur die Schlupffähigkeit, das Thermoregulationsvermögen des geschlüpften Kükens, bestimmte Hormonlevel und das postnatale Leistungsvermögen der Tiere (DECUYPERE, 1994). Die Auswirkungen von suboptimalen Bruttemperaturen sind dabei abhängig von der Höhe der Abweichung vom Optimalwert, von der Dauer der Einwirkung und vom Entwicklungsstadium des Embryos sowie von Interaktionen zwischen den genannten Effekten (SUAREZ et al., 1996).

### **2.3.5.3 Einfluss von geringen Bruttemperaturen bzw. von zeitweiligen Temperaturabsenkungen auf die Embryonalentwicklung**

Temperaturabsenkungen während der Inkubation führen je nach Dauer und Zeitpunkt zu verlängerten Brutzeiten, einer erhöhten Mortalität und zu veränderten Schlupfgewichten. Nach Untersuchungen von RAHN (1991) kam es bei Hühnern durch eine zeitweilige Absenkung der Bruttemperatur (6 h/ d, insgesamt 126 h) zu einer Verzögerung des Schlupfes um 170,4 h. DECUYPERE et al. (1992) berichten dagegen von einer Verzögerung des Schlupfzeitpunktes nach jeweils 6 h Abkühlung von Tag 10-20 um nur 24 h.

Werden Bruteier zeitweise oder insgesamt bei suboptimal geringen Bruttemperaturen inkubiert, nimmt die Mortalitätsrate in Abhängigkeit von der Dauer und des Zeitpunktes der Einwirkung zu. Nach einer 72-stündigen Unterbrechung der Brut betrug die Mortalitätsrate

100 % (SUAREZ et al., 1996). Bei Puten, die bei 36,8 °C inkubiert wurden, schlüpften lediglich 41,4 %, während in der Kontrollgruppe 100 % der Probanden schlüpften (GRÖSCHL, 1998). SARPONG et al. (1985) berichten von verbesserten Schlupfergebnissen bei Broilern, die am 16. Bruttag für 24 h der Umgebungstemperatur ausgesetzt waren. Zu ähnlichen Ergebnissen kam CALLEBAUT (1990) bei Wachteln, bei denen der Brutvorgang für 8 h unterbrochen wurde. Verlängerte sich die Brutunterbrechung, verschlechterte sich das Schlupfergebnis allerdings um 75 %. Nach WEBB (1987) besteht eine starke Interaktion zwischen dem Alter der Embryonen zum Zeitpunkt der Temperaturabsenkung, Höhe und Dauer der Temperaturänderung und der embryonalen Sterblichkeitsrate. Ältere Embryonen reagieren empfindlicher auf höhere Temperaturen, während jüngere Temperaturabsenkungen schlechter tolerieren (ROMANOFF et al., 1972).

Des weiteren berichten KÜHN et al. (1982) von höheren Schlupfgewichten bedingt durch Temperaturabsenkungen während der Brut. Dies wird zum einen darauf zurückgeführt, dass kleine und schwache Embryonen unter diesen Bedingungen gar nicht mehr schlüpfen, zum anderen auf den geringeren Gewichtsverlust während der Inkubation. Nach SUAREZ (1996) zeigten Broiler- und White Leghornküken nach einer Brutunterbrechung von 24-48 h höhere Schlupfgewichte als die Kontrolltiere, was sich für die Leghornküken auch statistisch absichern ließ. SAPONG et al. (1985) schließen daraus, dass Embryonen bei geringen Bruttemperaturen aufgrund ihrer eingeschränkten Stoffwechselaktivität eine geringere Wärmeerzeugung aufweisen und dadurch weniger Flüssigkeit verlieren.

Entstandene Entwicklungsrückstände werden durch eine erhöhte Stoffwechselaktivität nach Wiedererreichen der Normaltemperatur später kompensiert, und es kommt zu einer erhöhten Wärmeerzeugung (GEERS et al., 1983). Eine höhere Temperatur innerhalb des Eies führt zu einer Erhöhung des Temperaturgradienten zwischen der Körpertemperatur des Embryos und der Temperatur innerhalb des Brüters, wodurch es zu einer verstärkten Verdunstung, verbunden mit einem stärkerem Gewichtsverlust, kommt (GLIDERSLEVE, 1984 und SWANN et al., 1990).

#### **2.3.5.4 Einfluss höherer Bruttemperaturen auf die Embryonalentwicklung**

Prinzipiell werden Temperaturabsenkungen während der Embryonalentwicklung besser toleriert als Temperaturerhöhungen, und der Toleranzbereich hin zu geringeren Temperaturen ist wesentlich höher als zu hohen Inkubationstemperaturen (THOMPSON et al., 1976). Bei Puten, deren optimale Bruttemperatur bei 37,8 °C liegt, kommt es durch die Erhöhung der

Inkubationstemperatur um 1 °C zu einem signifikant schlechteren Schlupfergebnis (FRENCH, 2000). Auch den Untersuchungen von GRÖSCHL (1998) zufolge schlüpften bei 38,8 °C signifikant weniger Küken als in der Kontrollgruppe. Durch die Erhöhung der Bruttemperatur verringerte sich die Schlupfrate hier um 90 %. Untersuchungen bei Hühnern zeigten, dass der negative Effekt, welcher durch höhere Bruttemperaturen hervorgerufen wird, mit zunehmenden Temperaturen und Einwirkzeiten zunimmt (WILSON, 1991). Bei Temperaturerhöhungen während des Brutvorgangs ist überdies für die weitere Entwicklung des Embryos von entscheidender Bedeutung, in welchem Entwicklungsstadium die Temperaturänderung auf die Probanden einwirkt. Insgesamt sind die Embryonen während der Inkubation gegenüber hohen Temperaturen sehr empfindlich (FRENCH, 2000). MORENG et al. (1951) fanden, dass eine Bruttemperatur von 43,3 °C, nach einer 10-minütigen Einwirkdauer bei 4 Tage alten Embryonen tödlich wirkte, wohingegen eintägige und mehr als 7 Tage alte Embryonen in der Lage waren, diese Temperaturen über 8 Stunden hinweg zu ertragen. Nach ANDE et al. (1981) tolerierten Embryonen im Alter von 3 Tagen die Temperaturbelastung von 43,3 °C am besten, während die sensibelsten Reaktionen im Alter von 7 und 19 Tagen zu beobachten waren. Nach FRENCH (1994a) sind suboptimal hohe Bruttemperaturen zudem verbunden mit einem verstärktem Auftreten von missgebildeten Küken.

Während eine Temperaturabsenkung eine Verlängerung der Brutdauer nach sich zieht, kommt es durch eine permanente sowie durch eine zeitweise Erhöhung der Inkubationstemperatur zu einer Beschleunigung der embryonalen Entwicklung und zu einem zeitigerem Schlupf (DECUYPERE et al., 1992).

Bei Puten, die vom 25. Tag bis zum Ende der Inkubation bei 37,3 °C bebrütet wurden, setzte der Schlupf 8 Stunden eher ein als bei den Probanden, die in diesem Zeitraum 36,8 °C ausgesetzt waren (CHRISTENSEN et al., 1999).

#### **2.3.5.5 Einfluss der Bruttemperaturen auf die postnatale Entwicklung**

ROMANOFF wies bereits 1936 darauf hin, dass die Höhe der Bruttemperatur bei Puten und Hühnern nicht nur das Schlupfergebnis, sondern auch das postnatale Wachstumsvermögen der Küken beeinflusst. DECUYPERE (1984) bestimmte bei Legehühnern, die an den letzten 4 Inkubationstagen bei 33,8 °C bebrütet wurden, im Vergleich zu den Kontrolltieren deutliche Unterschiede in Bezug auf die postnatale Gewichtsentwicklung. Während am ersten Tag nach dem Schlupf alle Probanden geschlechtsunabhängig in etwa gleiche Gewichte aufwiesen,

zeigten die bei 33,8 °C inkubierten Küken 3 Tage nach dem Schlupf im Vergleich zu den Kontrolltieren geringere Körpergewichte und bis zur zweiten Lebenswoche auch nur eingeschränkte Körperzuwächse. Von der zweiten Woche an konnten bei diesen Tieren jedoch höhere Wachstumsraten bestimmt werden, und am 36. Tag kompensierten die männlichen und am 43. Tag die weiblichen Versuchstiere die Gewichtsrückstände zu den Kontrolltieren. Tendenziell konnten nach DECUYPERE (1979) in ähnlichen Untersuchungen bei Legehühnern, die an den letzten 4 Bruttagen bei 33,5 °C inkubiert wurden, im Vergleich zu den Kontrolltieren höhere Reifegewichte bestimmt werden. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen MAC NABB et al. (1977), die einen stimulierenden Effekt von niedrigen bzw. von im Wechsel niedrigen und hohen Bruttemperaturen auf das frühe postnatale Wachstumsvermögen von Hühnerküken nachwiesen. Ein anfänglich schwächer ausgeprägtes Wachstum wurde nachfolgend kompensiert, und die Versuchstiere erreichten höhere Reifegewichte. GEERS et al. (1982) kamen in entsprechenden Untersuchungen zu ähnlichen Ergebnissen. Bei Hühnerküken, die an den ersten 10 Inkubationstagen bei 35,8 °C bebrütet wurden, konnte im Anschluss an die Temperatureinwirkung eine stärkere Wachstumsintensität, begleitet von einer stärkeren Wärmeerzeugung festgestellt werden. Dies wurde auf eine stärker ausgeprägte Zellhyperplasie und Zellhypertrophie, verbunden mit einer vermehrten Wärmebildung zurückgeführt, wobei diese tendenziell höhere Wärmeerzeugung bei den betroffenen Tieren bis zum Erreichen der reproduktiven Phase erhalten blieb.

Nach DECUYPERE (1984) werden durch die Variation der Bruttemperatur postnatal verschiedene Hormonlevel beeinflusst, wodurch u.a. die Thermogenese, der Haematokritwert, endokrine Funktionen und Legeleistungsmerkmale beeinflusst werden. Daraus wird geschlossen, dass durch die Differenzierung der Bruttemperatur nicht nur die pränatale Entwicklung des Embryos beschleunigt oder verlangsamt wird, sondern dass auch die postnatale Wachstums- und Reproduktionsleistung von der Bruttemperatur beeinflusst wird.

Auch bei Puten beeinflusste eine Herabsetzung der Inkubationstemperatur in dem letzten Brutviertel postnatale endokrine Funktionen sowie das Wachstumsvermögen (NVOTA et al., 1980). Auch nach GAULY et al. (2001) ergaben sich deutlich ausgeprägte Einflüsse der Bruttemperatur auf die postnatale Gewichtsentwicklung. Hier wurden Puten in drei Gruppen jeweils bei 36,8 °C, 37,8 °C und 38,8 °C bebrütet. Bis zur Schlachtung zeigten die bei Optimaltemperatur (37,8 °C) inkubierten Tiere die höchsten Körpergewichte, wobei es im Verlauf der Mast zu einer Teilkompensation des Gewichtsrückstandes der suboptimal bebrüteten Tiere kam.

Nach GAULY (1991) konnten bei Fasanen, die bei suboptimal hohen Bruttemperaturen inkubiert wurden (38,8 °C), die höchsten Gewichtszuwächse bestimmt werden. Zu ähnlichen Ergebnissen kam auch KESSLER (1998), der Legehühner in 3 Temperaturgruppen bei 36,5 °C, 37,8 °C und bei 39 °C bebrütete. Hier zeigten die Tiere, die bei 39 °C inkubiert wurden, in den ersten 5 Lebenswochen die stärkste Gewichtsentwicklung. Dieser Rückstand konnte von den Tieren der anderen Gruppen bis zur 20. Woche auch nicht mehr kompensiert werden.

### **2.3.5.6 Einfluss der embryonalen Atmungsaktivität auf das postnatale**

#### **Leistungsvermögen**

GRÖSCHL (1998) bestimmte bei Puten, die bei verschiedenen Bruttemperaturen inkubiert wurden, negative Zusammenhänge zwischen der embryonalen Atmungsaktivität und der postnatalen Gewichtsentwicklung, wobei die Korrelationen bei den suboptimal inkubierten Tieren deutlich stärker ausgeprägt waren. Insbesondere bei niedrigen Temperaturen bebrütete Puten ergaben sich über die gesamte Mastperiode hinweg negative Zusammenhänge im Bereich von  $r = -0,016$  bis  $r = -0,57$ .

Nach KESSLER (1998) bestanden bei Legehühnern, die bei verschiedenen Temperaturen bebrütet wurden, positive Korrelationen zwischen der embryonalen Atmungsaktivität und der Entwicklung der Lebendmasse. Lediglich für die bei erhöhten Temperaturen bebrüteten Tiere ergaben sich zum Teil negative Zusammenhänge. Zu ähnlichen Ergebnissen kam auch HILLER (1994), der bei Legehühnern positive Korrelationen in Höhe von  $r = 0,21$  und  $r = 0,27$  zwischen dem Körperzuwachs und dem embryonalen Sauerstoffverbrauch am 16. Bruttag berechnete. Daraufhin wurde postuliert, dass die embryonale Atmungsaktivität entsprechend der additiven Genwirkung die postnatale Gewichtsentwicklung beeinflusst.

Hingegen konnten keine nennenswerten Zusammenhänge zwischen der embryonalen Atmungsaktivität und den Reproduktionsmerkmalen von Legehühnern nachgewiesen werden. KESSLER (1998) bestimmte zwischen den Parametern Eizahl, Eimasse, Eigewicht und dem embryonalen Sauerstoffverbrauch Korrelationen im Bereich von  $r = 0,01$  und  $r = 0,04$ .

Auch HILLER (1994) konnte keine gesicherten Zusammenhänge zwischen der Eizahl, der täglichen Eimasse und der embryonalen Stoffwechselaktivität berechnen. Positive Korrelationen mit Werten zwischen  $r = 0,25$  und  $r = 0,26$  ergaben sich hingegen zwischen dem mittleren Eigewicht und dem embryonalen O<sub>2</sub>-Verbrauch am 16. Bruttag.

## 2.4 Muskelfaserstruktur von Geflügel

Im Vergleich zu den Säugetieren besitzt die Muskulatur des Geflügels eine höhere Faserdichte und eine festere Fügung. Zwischen den Muskelfasern befindet sich nur wenig Bindegewebe, und die Faserung der Muskeln ist verglichen mit den Säugern feiner ausgeprägt (SALOMON et al., 1981).

Das postnatale Wachstum der Skelettmuskulatur des Geflügels resultiert aus der Verlängerung und der Vergrößerung der Durchmesser der einzelnen Muskelfasern, da sich die Anzahl der Fasern postnatal nicht mehr verändert (MIZUNO et al., 1971). Die Verlängerung kommt dabei durch die Anlagerung neu gebildeter Sarkomere an den Faserenden zustande. Die Vergrößerung der Faserdurchmesser resultiert aus der Akkumulation von Myofibrillen (WILLIAMS et al., 1978), wobei das Längenwachstum zu einem früheren Zeitpunkt endet als das Dickenwachstum. Bei Hühnern endet das Längenwachstum des Schenkelmuskels (*M. iliotibialis lateralis*) bereits nach 15 Wochen, während die Vergrößerung der Faserdurchmesser bis zur 35. Woche anhält (ONO et al., 1993). Das Wachstum der Skelettmuskulatur wird dabei zusätzlich beeinflusst durch Sexualhormone, die Höhe des Körpergewichts und die Anordnung der Fasern. Höhere Körpergewichte wirken sich auf die Kontraktionsfähigkeit aus, und durch bestimmte Anordnungen der Fasern wird das Längen- und Dickenwachstum derselben eingeschränkt (SWATLAND, 1981).

Die Selektion auf ein verstärkt ausgebildetes Muskelansatzvermögen führt beim Geflügel im Embryonalstadium zu einer Muskelfaserzunahme (Hyperplasie) und postnatal zu einem verstärktem Längen- und Dickenwachstum (Hypertrophie) der Muskelfasern (SOIKE, 1995). Die Skelettmuskulatur setzt sich beim Geflügel aus drei verschiedenen Muskelfasertypen zusammen, die zum einen nach SWATLAND (1981) und IWAMATO et al. (1993) unterschiedlich hohe Wachstumsraten zeigen, zum anderen Unterschiede in Bezug auf physiologische Eigenschaften wie Kontraktionsgeschwindigkeit und Energiestoffwechselaktivität aufweisen (BURKE et al., 1974).

Es wird unterschieden in Typ I-Fasern, Typ IIa- und Typ IIb-Fasern.

Typ I-Fasern: Diese Fasern, auch slow-twitch-oxidative fibers (STO) genannt, weisen einen hohen Anteil an Myoglobin und Cytochrom auf, woraus ihre starke rote Färbung resultiert (BAEZA et al., 1998). Diese Muskelfasern kontrahieren langsam, wobei die Kontraktion aber über einen längeren Zeitraum aufrechterhalten werden kann. Die hierzu benötigte Energie wird durch die oxidative Phosphorylierung bereitgestellt (PADYKULA et al., 1955). Im Vergleich zu den anderen Fasertypen zeigen die Fasern dieses Typs die geringsten mittleren



Durchmesser und vermehrt ketten- und haufenförmig angeordnete große, lang gestreckte Mitochondrien (DORN, 1969).

Typ IIA-Fasern: Dieser Fasertyp wird als Subtyp der roten Fasern bezeichnet und auch Intermediärfaser oder fast-twitch-oxidative fibers (FTO) genannt (STEIN et al., 1962). Die morphologischen, histologischen und funktionellen Eigenschaften bewegen sich bei diesen Fasern zwischen den Typen I und IIB (CARNEIRO et al., 1986).

Typ IIB-Fasern: Fasern dieses Typs werden auch als fast-twitch-glycolytic fibers (FTG) oder als weiße Muskelfasern bezeichnet (KNUST et al., 2000). Sie kontrahieren sehr schnell, aber die Kontraktion kann nur über einen kurzen Zeitraum aufrechterhalten werden. Die Energie hierfür wird durch die anaerobe Glycolyse geliefert, wodurch es post mortem zu einem schnellen Abfall des pH-Wertes kommt. Diese Muskelfasern zeigen, verglichen mit den übrigen Fasertypen, die größten mittleren Faserdurchmesser und weisen nur wenig Mitochondrien mit zum Teil völlig mitochondrienfreien Arealen auf. Die Mitochondrien sind klein, rund bis elliptisch und von aufgelockerter Innenstruktur (BERGMANN, 1974). Daraus wird geschlossen, dass sich die Kontraktionszeiten bei den einzelnen Muskelfasertypen umgekehrt proportional zur Anzahl der Mitochondrien verhalten (DORN, 1969). Die Zuordnung der Muskelfasern zu den Muskelfasertypen erfolgt nach Myosin-Adenosin-Triphosphatase (m-ATPase)-Aktivität und Succinatdehydrogenase (SDH)-Aktivität (KHAN et al., 1972 und KHAN, 1976).

Das Verhältnis zwischen den Fasertypen in den einzelnen Muskeln läßt aufgrund der beschriebenen Unterschiede Rückschlüsse auf die Muskelfunktion zu (GUNN, 1978). Nach ABERLE et al. (1979) und STEPHAN (1993) bestehen zwischen Mast- und Legehühnern deutliche Unterschiede bezüglich der Fasergröße und dem Fasertypenverhältnis.

#### **2.4.1 Histopathologische Veränderungen von Muskelfasern**

Durch die Verbesserung der Mastleistung landwirtschaftlich genutzter Geflügelarten traten in den vergangenen 20 Jahren zunehmend histopathologische Veränderungen auf (CHEREL, 1995). DUBRITZ (1985) stellte bei kommerziell genutzten Putenlinien teilweise Anisocytosis fest. Diese ist charakterisiert durch die Atrophie von Muskelfasern. Hier werden verschiedene Kategorien beschrieben. Bei der „Small Group Atrophy“ ist eine Gruppe von kleinen Fasern umgeben von normal geformten Fasern. Die „Large Group Atrophy“ ist gekennzeichnet durch Faserbündel, die vollständig aus atrophisch verkleinerten Fasern zusammengesetzt sind und an normal ausgeprägte Muskelfaserbündel angrenzen. Als letzte Form wird in diesem

Zusammenhang die „Perifasciculäre Atrophie“ beschrieben, bei der sich zurückgebildete Zellen am Rand von Muskelbündeln befinden.

CHEREL (1995) fand bei Puten eine verstärkte Einlagerung von Fett im Muskelgewebe. Dabei wurden Myofibrillenbündel von Fettzellen umgeben und durchdrungen. 97,5-99,0 % der untersuchten Proben waren von dieser Fetteinlagerung zumindest geringfügig betroffen. Bei 8 Wochen alten Broilern wurden in größerem Umfang „giant“ und „round shaped“ Muskelfasern gefunden. Diese traten besonders häufig im Zusammenhang mit PSE- und DFD-Fleisch auf (NIEWAROWICZ, 1978).

Diese als „giant“ oder „hypercontracted fibers“ bezeichneten Fasern sind größer als normal ausgeprägte Fasern, geschwollen, von runder Form und zeigen ein sehr homogen erscheinendes Zytoplasma (CHEREL, 1995).

FINGER et al. (1982, 1986) fanden bei Schweinen unterschiedlichen Genotyps, mit zunehmender Muskelfülle, vermehrt derart veränderte Muskelfasern. Es wird davon ausgegangen, dass die Erhöhung der Muskelmasse mit zunehmenden Faserdurchmessern verbunden ist. Gleichzeitig nehmen Faseralterationen zu, und es treten vermehrt Riesenfaser auf.

WILSON et al. (1990) fanden bei 6-8 Wochen alten Puten degenerierte Muskelfasern und ab der 10. Lebenswoche „hypercontracted fibers“. Nach 16 und 20 Lebenswochen gewonnene Proben wiesen vermehrt nekrotische Fasern auf. CULLEN et al. (1975) berichten, dass Riesenfaser eine Vorstufe von Fasernekrosen darstellen. Nekrotische Muskelzellen zeigen leicht gefärbtes bis durchsichtiges Zytoplasma mit picnotischen Kernen. Des weiteren wurden in diesen Fasern phagozygotisch aktive Zellen gefunden. Nekrotische Muskelzellen wurden innerhalb des Muskelgewebes isoliert und zerstreut. Bei solchen Fasern konnte keine Regenerationsaktivität festgestellt werden, und sie scheinen durch angrenzende Fettzellen ersetzt zu werden (CHEREL, 1995).

#### **2.4.2 Aufbau der Muskulatur beim Geflügel, insbesondere bei Enten**

Der Muskelaufbau und die Muskelzusammensetzung des Geflügels ist abhängig von der Geflügelart und von der Lage des jeweiligen Muskels. Die einzelnen Muskeln unterscheiden sich dabei bezüglich der Anteile der Fasertypen (siehe Abschnitt 2.4), die in den betreffenden Muskeln vorkommen. Unterschiedlich hohe Faseranteile in den Muskeln bewirken u.a. Differenzen bezüglich der Ausprägung verschiedener biochemischer Merkmale, der postmortalen Glycogenolyse und der Rigorentwicklung (SMITH, 1991).

Der Brustmuskel (*M. pectoralis*) des Huhnes besteht nahezu ausschließlich aus weißen Fasern (Typ IIb) (STEPHAN, 1993). Zu ähnlichen Ergebnissen kamen WISKUS et al. (1976) bei der Untersuchung von Puten. Hier betrug der Anteil der weißen Muskulatur 90-100 %. Zum Teil konnten bis zu 10 % intermediäre Fasern (Typ IIa) ermittelt werden.

Im Vergleich zu Hühnern und Puten besteht der Brustmuskel von Enten nach SMITH (1991) zu 80 % aus roten Fasern (Typ IIa) und zu 20 % aus weißen Fasern (Typ IIb) und ähnelt dem Brustmuskel der Gans, bei welcher der Anteil weißer Fasern zwischen 17 und 23 % liegt (KIESSLING, 1977 und KLOSOWSKA, 1993).

Die Schenkelmuskulatur (*M. iliotibialis lateralis*) der Enten setzt sich hingegen nach JACOB et al. (1975) zu jeweils 50 % aus roten und weißen Fasern zusammen.

REMIGNON (1995) bestimmte bei der Brustmuskulatur von Enten im Vergleich zu Hühnern eine stärkere oxidative und eine schwächer ausgeprägte glycolytische Stoffwechselaktivität, was auf die unterschiedlichen Fasertypenverhältnisse in den Brustmuskeln dieser beiden Geflügelarten zurückgeführt wird.

Nach BAEZA et al. (2000) bestehen kaum Differenzen zwischen dem Brustmuskelaufbau von Flugenten, Mularden und Pekingenten. Bei der Untersuchung der Schenkelmuskeln zeigten die Pekingenten im Vergleich zu Flugenten jedoch signifikant höhere Faseranteile des Typs IIa, was auf das unterschiedliche Schlachtagter der Tiere zurückgeführt wird (KNUST et al., 2000). Mit zunehmendem Alter nimmt die glycolytische Stoffwechselaktivität in den Muskeln deutlich zu. Lediglich in der Brustmuskulatur der Flugenten steigt auch die oxidative Stoffwechselleistung (BAEZA et al., 1998). Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch BACOU et al. (1976) und BRIAND et al. (1993) bei Hühnern und Kaninchen. Mit steigendem Alter wird auch hier die zu Beginn der postnatalen Entwicklung stark ausgebildete oxidative Stoffwechselaktivität zunehmend durch glycolytische Stoffwechselvorgänge ersetzt.

BAEZA (1998) ermittelte die pH-Werte bei 8-15 Wochen alten Flugenten nach 20 und 24 Stunden post mortem und bestimmte für beide Geschlechter gleichermaßen mit zunehmendem Alter sinkende pH-Werte. Die pH-Werte nach 20 Stunden bewegten sich hier zwischen 6,51 (8. Lebenswoche) und 6,41 (15. Lebenswoche) bzw. nach 24 Stunden im Bereich von 6,27 (8. Lebenswoche) und 5,85 (15. Lebenswoche). Ähnliche Ergebnisse wurden auch bei Mularden bestimmt (BAEZA, 2000).

Bezüglich der Faserabmessungen ermittelten KNUST et al. (2000) deutliche Unterschiede zwischen den Maßen der Schenkel- und Brustmuskeln. Des weiteren ergaben sich Differenzen zwischen Flug- und Pekingenten. Die Querschnittsflächen der Brustmuskelfasern des Typs IIb waren bei den Pekingenten mit  $1942 \mu\text{m}^2$  (weiblich) bis  $2192 \mu\text{m}^2$  (männlich)

etwa 3-4 mal so groß wie die Fasern des Typs IIa, die zwischen  $513 \mu\text{m}^2$  (weiblich) und  $656 \mu\text{m}^2$  (männlich) groß waren. Bei den Flugenten war dieser Unterschied geringer ausgeprägt. Hier waren die FTG-Fasern mit  $2999 \mu\text{m}^2$  (weiblich) und  $3363 \mu\text{m}^2$  (männlich) nur 2,2-2,5 mal so groß wie die FTO-Fasern, bei denen Abmessungen von  $1385 \mu\text{m}^2$  (weiblich) und  $1348 \mu\text{m}^2$  (männlich) festgestellt werden konnten. Bei Mularden im Alter von 13 Wochen bestimmte BAEZA (2000) im Vergleich dazu innerhalb des Brustmuskels (*M. pectoralis*) Faserflächen im Bereich von  $493 \mu\text{m}^2$  bei Fasern des Typs IIa und  $1524 \mu\text{m}^2$  bei Typ IIb-Fasern.

Nach KNUST et al. (2000) sind die Muskelfasermasse bei den Flugenten erheblich größer als bei Pekingenten. Riesenfasern konnten weder bei den Peking- noch bei den Flugenten bestimmt werden. Ein Geschlechtseffekt ließ sich nur bei den Faserquerschnitten der Schenkelmuskeln (*M. iliotibialis lateralis*) der Flugenten feststellen. Hier wiesen die Flugerpel signifikant größere Faserflächen auf. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch MEISTER et al. (1974).

Bei Puten ermittelte GRÖSCHL (1998) im Brustmuskel (*M. pectoralis*) durchschnittliche Faserquerschnitte zwischen  $2568 \mu\text{m}^2$  (männlich) und  $1548 \mu\text{m}^2$  (weiblich), wobei aber nicht zwischen den Fasertypen unterschieden wurde. Die männlichen Probanden wiesen hier erheblich größere Faserquerschnitte auf als die weiblichen Puten. Durch das spätere Schlachtagalter der männlichen Puten ist jedoch nicht eindeutig zu bestimmen, ob dieser Unterschied geschlechtsbedingt oder altersbedingt ist.

Bei Hühnern im Alter von 17 Wochen wurden je nach Nutzungsrichtung Faserquerschnitte von  $487 \mu\text{m}^2$  bei Legehybriden und  $841 \mu\text{m}^2$  bei Masttieren gemessen (STEPHAN, 1993).

Bei der Flugente sind im Vergleich zu den Fasern des Brustmuskels (*M. pectoralis*) die Faserquerschnitte der Schenkelmuskeln (*M. iliotibialis lateralis*) deutlich größer ausgebildet. Dies wird zum einen auf die funktionellen Unterschiede dieser beiden Muskeln zurückgeführt, zum anderen auf deren Zusammensetzung. Der Schenkelmuskel besteht überwiegend aus Typ IIb-Fasern, während der Brustmuskel einen höheren Anteil von Fasern des Typs IIa aufweist, bei denen kleinere Querschnitte als bei den Typ IIb-Fasern gemessen werden (BRAHMA et al., 1985).

### 2.4.3 Muskelwachstum

Im Gegensatz zu dem Muskelwachstum von Hühnervögeln bestehen bei der Ente Unterschiede bezüglich der Entwicklungsintensität der einzelnen Muskeln, insbesondere

zwischen der Entwicklung der Schenkelmuskulatur (*M. iliotibialis lateralis*) und dem Brustmuskel (*M. pectoralis*). Bei den Enten sind direkt nach dem Schlupf die Schenkelknochen stärker entwickelt, die ihr maximales Wachstum zu einem früheren Zeitpunkt als die Flügelknochen erreichen (GILLE et al., 1995). Analog zu dem Knochenaufbau verhält sich das Muskelwachstum. Direkt nach dem Schlupf ist der prozentuale Anteil des Brustmuskels am Gesamtgewicht beträchtlich geringer als der Anteil der Schenkelmuskulatur, wobei dieser Rückstand über die gesamte Wachstumsperiode hinweg nie vollständig kompensiert wird. Die Brustmuskulatur ist erst zu 70 % ausgeprägt, wenn die Schenkelmuskeln schon 90 % des Reifegewichts erreichen und nahezu ausgewachsen sind. Dies wird bei nicht domestizierten wie auch domestizierten Enten beobachtet (GILLE et al., 1998). Im Gegensatz hierzu zeigen Hühnervögel nur geringe Unterschiede zwischen den Entwicklungsintensitäten von Brust- und Schenkelmuskulatur. Direkt nach dem Schlupf bleibt das Wachstum der Brustmuskulatur noch hinter dem der Schenkelmuskeln zurück, dieser Rückstand wird aber schon in der 2. Lebenswoche vollständig kompensiert (ONO et al., 1993).

Die Entwicklung von Flug- und Laufmuskulatur der Enten ist demnach durch die züchterische Bearbeitung kaum beeinflusst worden. Durch die Selektion wurden Körper- und Brustmuskelgewichte gesteigert, jedoch nicht die Muskelentwicklung verändert. Zwischen den Entenarten variieren die Anteile der Brustmuskulatur direkt nach dem Schlupf sowie die postnatale Entwicklungsintensität der Brustmuskulatur. Bei Stockenten beträgt das Gewicht des *M. pectoralis* direkt nach dem Schlupf etwa 0,24 % des Reifegewichts dieses Muskels, bei Flugenten nur 0,07 %, wobei das Reifegewicht dieses Muskels bei den Flugenten die höchsten Werte erreicht (GILLE et al., 1998).

Nach SWATLAND (1981) zeigten Pekingenten während der ersten Lebenswochen höhere Gewichtszuwächse und damit stärkere Muskelfaservergrößerungen als Flugenten (siehe Abb. 4). Die höchsten täglichen Brustmuskelzuwächse wurden in diesem Zusammenhang bei Mularden ermittelt. Die maximalen Zunahmen betrugen hier 5,34 g/ d, während bei Flug- und Pekingenten etwa 3,0 g/ d bestimmt wurden. Die Brustmuskelgewichte von Flugenten sind bis zum 90., die von Mularden bis zum 50. Lebenstag geringer als bei Pekingenten. Danach werden jedoch aufgrund der höheren Reifegewichte höhere Muskelgewichte erreicht. Dabei unterscheiden sich insgesamt betrachtet die Wachstumsverläufe von Mularden und Pekingenten nur geringfügig (GILLE et al., 1998).

Das verzögerte Wachstum der Flugente wird auf deren Ursprung und die geringe züchterische Bearbeitung dieser Entenart zurückgeführt, was zu den beträchtlichen Unterschieden bezüglich des Erreichens des Mastendgewichtes führt (CLAYTON, 1984).

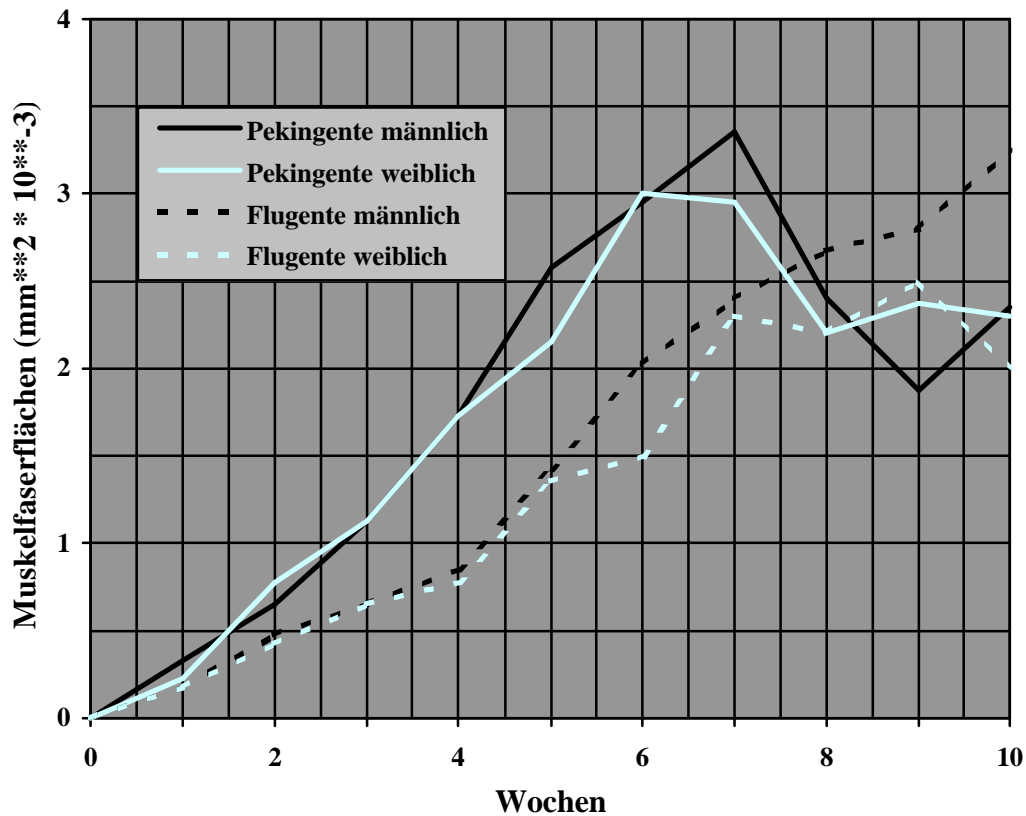


Abb.4: Zuwächse der Muskelfaserflächen von männlichen und weiblichen Flug- und Pekingenten (SWATLAND, 1981)

## 2.5 Entwicklung verschiedener Organe in Zusammenhang mit dem Körperwachstum von Geflügel

Das Wachstum der Organe verläuft nach GILLE et al. (1999) nach verschiedenen Mustern. Die Entwicklung von Herz, Lunge, Luft- und Speiseröhre entspricht etwa dem Wachstumsverlauf des gesamten Körpers und wird als „body-weight-associated-type“ bezeichnet. Die Entwicklung der übrigen Verdauungsorgane verläuft dagegen schneller als das Wachstum des gesamten Körpers, und die endgültigen Ausmaße werden eher erreicht. ZEMKO (1972) wies in seinen Untersuchungen im Vergleich zur Entwicklung des gesamten Körpers ein beschleunigtes Wachstum der Organe des Gastrointestinaltraktes nach. Gemäß HAFEZ (1954) werden sich nach diesem Wachstumsmuster entwickelnde Organe dem „fast-growing-type“ zugeordnet.

Zwischen den einzelnen Geflügelarten und -linien bestehen erhebliche Unterschiede bezüglich der postembryonalen Wachstumsintensität. Diese Differenzen werden unter anderem auf ein unterschiedlich hohes Verdauungsvermögen und damit auf die Höhe der Verdauungskapazität zwischen den Geflügelarten und -linien zurückgeführt (STARCK et al., 1998a und STARCK et al., 1998b). Für die Ausbildung eines vergrößerten Verdauungsvermögens muß nach KONARZEWSKI et al. (1990) zunächst die Energie- und Nährstoffversorgung zugunsten der Verdauungsorgane erhöht werden, um nachfolgend durch das verbesserte Verdauungsvermögen höhere Körperzuwächse realisieren zu können.

In Untersuchungen von KLAASSEN et al. (1991) zeigten Tiere mit hoher Mastleistung und stärker ausgeprägtem Verdauungsvermögen einen erhöhten Erhaltungsbedarf, was auf den erhöhten Energiebedarf des zusätzlichen Gewebes der Verdauungsorgane zurückgeführt wird. Nach OLSON (1992) dagegen ist ein hohes Wachstumsvermögen mit einem verringerten Erhaltungsbedarf verbunden, wodurch frei werdende Energie und Nährstoffe für ein verstärktes Körperwachstum genutzt werden können.

Nach JACKSON (1996) bewirkt die Selektion auf ein hohes Wachstumsvermögen eine Zunahme der relativen Organgewichte. RICKLEFS et al. (1985) hingegen konnten bei Wachteln verschieden schnell wachsender Linien keine unterschiedlichen Organgewichte feststellen. KONARZEWSKI et al. (2000) ermittelten in ihren Untersuchungen zum Teil deutlich größere Organgewichte bei Broilern im Vergleich zu Legehybridküken. Während Küken beider Linien mit einem Gewicht von <80 g keine Differenzen bezüglich der Organgewichte aufwiesen, konnten bei Broiler- und Legehybridküken, die schwerer als 80 g waren, deutliche Unterschiede zugunsten der Broiler bestimmt werden. Unter anderem waren die Lebergewichte von Küken mit Gewichten >80 g bei Broilern im Vergleich zu den Legehybriden signifikant schwerer. Weder bei den leichten noch bei den schweren Küken beider Linien konnten Unterschiede zwischen den Herzgewichten der Küken ermittelt werden.

Das erheblich stärkere Wachstumsvermögen der Broiler gegenüber den Legehybriden ist nach UNI et al. (1995) unter anderem auf einen im Verhältnis zur Körpermasse rapiden Anstieg der absorbierfähigen Dünndarmoberfläche und der parallel dazu erheblich ansteigenden Glucose- und Aminosäureaufnahme zurückzuführen (NOY et al., 1996).

Des weiteren wird vermutet, dass das höhere Wachstumsvermögen von Broilern in den ersten Lebenstagen verursacht wird durch eine verstärkte Entwicklung von Muskelgewebe auf Kosten der Bildung der Verdauungsorgane (DIETZ et al., 1997).

Bei Broilern dienen die vorhandenen Nährstoffe in den ersten Lebenstagen zunächst der Reifung von Muskelgewebe und werden erst ab dem 5. Lebenstag für das Organwachstum genutzt. Dabei stagniert in diesem ersten Lebensabschnitt die Zunahme von absorbierfähiger Dünndarmoberfläche und damit die Erhöhung der Aufnahmeraten von Glucose sowie Aminosäuren (UNI et al. 1995 und NOY et al.,1996), während in dieser Phase bei langsam wachsenden Linien ein Anstieg der Aufnahmekapazitäten zu verzeichnen ist (JACKSON et al., 1996).

Die Entwicklung der Herzgewichte bei Geflügel und auch bei Säugern ist, im Vergleich zu anderen Organen enger mit dem Körperwachstum verbunden (siehe Abb. 5 u. 6 ). Bei der Betrachtung der Wachstumsverläufe von Herz- und Körpergewichten in Relation zu den jeweiligen Reifegewichten verschiedener Ententypen ergaben sich kaum Unterschiede. Auf hohe Mastleistung selektierte Pekingtonen zeigten im Vergleich zu Stockenten über die gesamte Mastperiode hinweg höhere Gewichte, wobei sich der Verlauf der Wachstumskurve jedoch kaum änderte. Analog zum stärkeren Körperzuwachs nahmen auch die Herzgewichte zu (GILLE et al.,1994).

Die Größe der Herzen wird nach SENGLAUB (1960) überwiegend durch das Ausmaß an körperlicher Beanspruchung beeinflusst, weniger durch Domestikation und Selektion. Von ALPETER et al. (1992) konnten in diesem Zusammenhang hohe Korrelationen zwischen dem Atemzugvolumen und den Herzgewichten errechnet werden. STEPHAN (1993) bestimmte bei Hühnern verschiedener Genetik deutliche Unterschiede bezüglich der absoluten Herz- und Lebergewichte und deren Anteil an der Körpermasse. Masthybriden zeigten zwar im Vergleich zu den Legern absolut höhere Organgewichte, der prozentuale Anteil der Organe war jedoch bei den Legehybriden höher. Bis zur 3. Woche besaßen die Broiler höhere relative Herzgewichte und bis zur 5. Woche höhere relative Lebergewichte.

In Untersuchungen von YAHAV (1999) wurden in diesem Zusammenhang bei Hühnerküken, die Hitzestress ausgesetzt waren, signifikant geringere relative Herzgewichte gemessen als bei den Kontrolltieren. Auch WILLIAMSON (1985) ermittelte bei Tieren, die 35 Tage bei 40 °C gehalten wurden, in Relation zum Körpergewicht signifikant geringere Organgewichte. Nach GILLE et al. (1994) ist der Grad der Entwicklung von Herz- und Körpergewicht direkt nach dem Schlupf invers verbunden mit der Höhe des Reifegewichts. Den höchsten Entwicklungsstand der Herz- und Körpergewichte zeigten demzufolge die Stockenten, der geringste Entwicklungsgrad wurde bei den Flugenten bestimmt. Diese Unterschiede werden auf die verschiedenen Ursprünge der Stock- und Flugente und die spätere Domestikation der Flugente zurückgeführt.



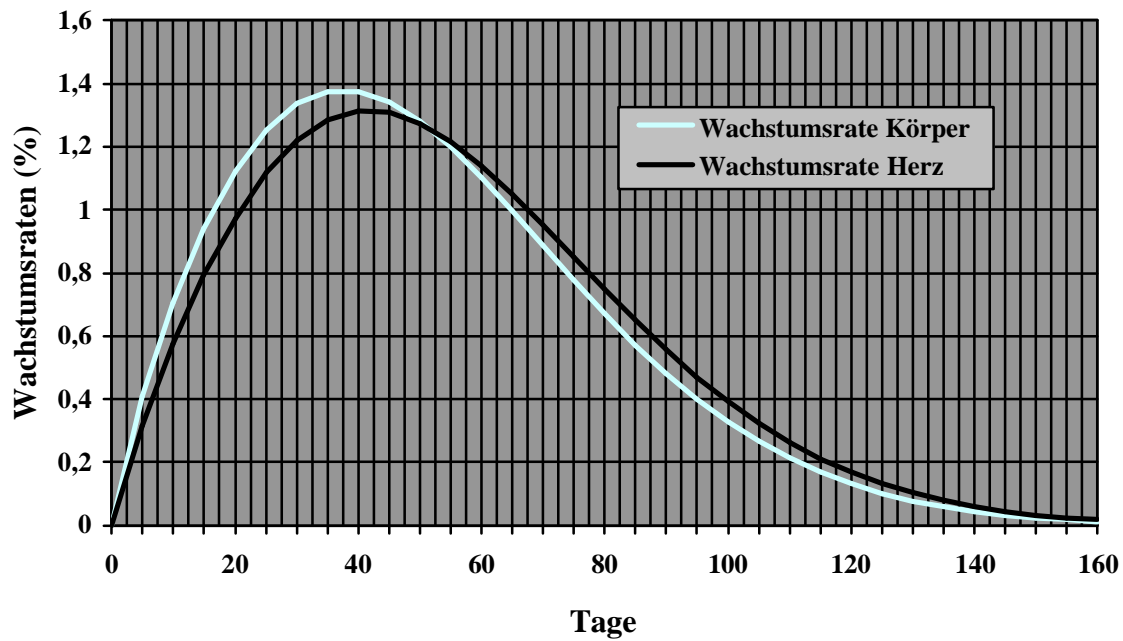


Abb. 5: Zunahmen von Herz und Körper bei Flugenten, ausgedrückt in Prozent vom Reifegewicht (GILLE et al.,1994)

(Prozentuales Wachstum = absoluter Zuwachs/ Reifegewicht)

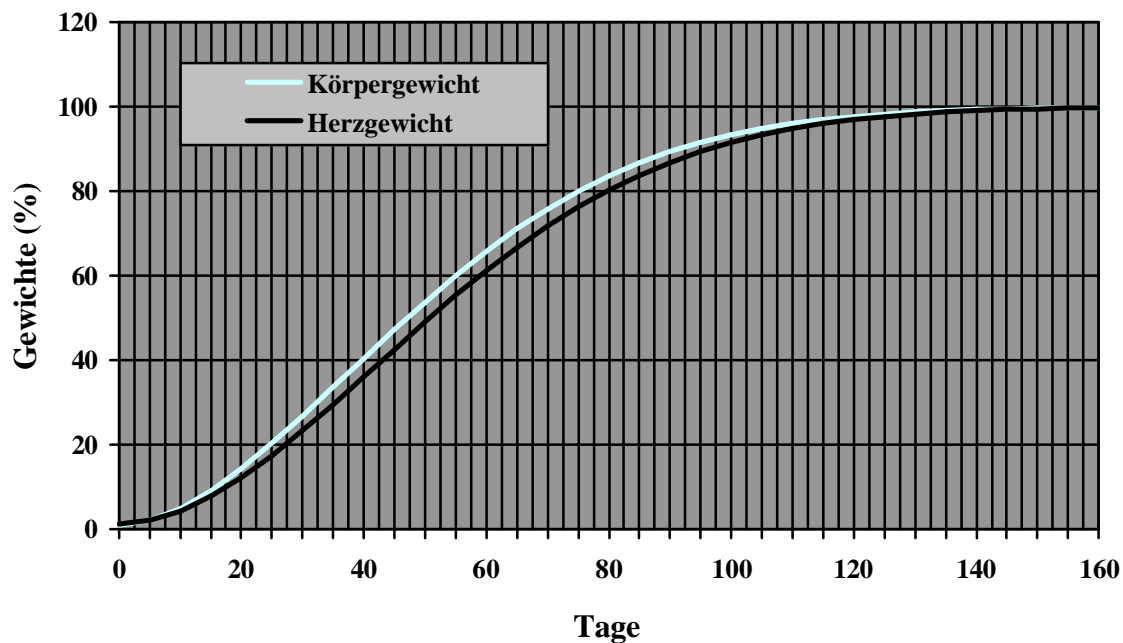


Abb. 6: Wachstumsverlauf von Herz und Körper bei Flugenten, ausgedrückt in Prozent vom Reifegewicht (GILLE et al.,1994)

## **2.6 Mitochondriale Atmungsaktivität**

Die Mitochondrien sind die Energie liefernden Organellen in den Zellen der Eukaryonten (BROWN et al., 1986) und damit die bedeutendste Energiequelle für die Gluconeogenese und andere energieabhängige Reaktionen (BOBYLEVA-GUARRIERO et al., 1984). Mitochondrien sind von zwei Membranen bzw. von einer Doppelmembran umgeben. Durch diese Doppelmembran werden zwei unterschiedlich strukturierte Reaktionsräume (Matrixraum und Intrachristaeraum) innerhalb der Zelle voneinander abgegrenzt. Die beiden Membranen unterscheiden sich bezüglich ihrer Fettzusammensetzung, ihres Proteingehaltes und besitzen verschiedene Eigenschaften. Die Außenmembran ist durchlässig für niedermolekulare Substanzen, während die innere Membran nur für kurzkettige Fettsäuren, Aminosäuren und Pyruvat permeabel ist (KLINGENBERG, 1970). Auf der Außenmembran sind für die Synthese von Lipiden und Phospholipiden wichtige Enzyme lokalisiert. In der Innenmembran befinden sich dagegen die Enzyme der Atmungskette, der oxidativen Phosphorylierung und die NADH-abhängigen Dehydrogenasen des Citratzyklus (DZAPO und WASSMUTH, 1983). Sie codieren, getrennt vom Zellkern, eigenständige mitochondriale DNA und existieren als semi-autonome Population im Zytoplasma. Die mitochondriale Aktivität wird dabei vom Zellkern, der mitochondrialen DNA und deren Interaktionen gesteuert. Aufgrund der genetischen Heterogenität der DNA im Kern einerseits und den Mitochondrien der Zellen andererseits wurde postuliert, dass Unterschiede bezüglich der Effektivität des mitochondrialen Energiestoffwechsels in der Zelle bestehen (BROWN et al., 1986). SRIVASTAVA (1981) fand diesbezüglich deutliche Differenzen zwischen der Effektivität des mitochondrialen Energiestoffwechsels verschiedener Schafrassen. DZAPO und WASSMUTH (1983) ermittelten auch bei Schweinen unterschiedlicher Genetik erhebliche Unterschiede in Bezug auf die mitochondriale Stoffwechselaktivität.

### **2.6.1 Einflüsse auf die mitochondriale Stoffwechselaktivität**

Die Höhe und die Effizienz der mitochondrialen Stoffwechselaktivität wird am lebenden Tier unter anderem von Faktoren wie Alter und Genotyp beeinflusst. Direkt bei der Messung ist die Stoffwechselaktivität bei Geflügel von exogenen Faktoren wie Art des Substrates und Inkubationstemperatur abhängig. JOHNSON (1971) bestimmte bei Embryonen, Küken und adulten Hühnern der Rasse Leghorn mit Succinat den mitochondrialen Sauerstoffverbrauch bei 30 °C und bei 40 °C Bruttemperatur. Bei 17 Tage alten Embryonen ergaben sich dabei die höchsten Differenzen zwischen den beiden Gruppen, während bei der Erfassung der

mitochondrialen Energiestoffwechselaktivität der adulten Tiere kaum noch Unterschiede in Abhängigkeit von der Inkubationstemperatur bestanden.

Nach HENSON (1966) ergaben sich bei Hühnern in verschiedenen Entwicklungsstadien substratbedingte Differenzen bezüglich der Effektivität der oxidativen Phosphorylierung. Hier wurden bei der Verwendung von Succinat mit zunehmendem Alter abnehmende Sauerstoffverbrauchswerte ermittelt. Bei der Verwendung von Malat als Substrat wurden dagegen zunehmende Atmungsaktivitäten gemessen.

SOMMER (1986) untersuchte die mitochondriale Atmungsaktivität und die Effizienz der oxidativen Phosphorylierung von Legehybriden in Abhängigkeit vom Alter der Tiere. Er bestimmte bei Herzmitochondrien in Glutamat/ Malat in Status 3 bis zum Alter von 3 Wochen deutliche Steigerungen der Atmungsaktivität. Nach der dritten Woche ging der O<sub>2</sub>-Verbrauch dann jedoch bis zur 12. Lebenswoche zurück. Der ADP/ O-Quotient erreichte sein Maximum nach 6 Wochen, die geringsten Werte wurden in diesem Zusammenhang in der 9. und 12. Woche bestimmt. Zu ähnlichen Ergebnissen kam auch STEPHAN (1993) bei der Untersuchung des mitochondrialen Energiestoffwechsels von Hühnern verschiedener Genetik. Ihm zufolge wurde der höchste Sauerstoffverbrauch, gemessen in Status 4, in der 7. Woche ermittelt.

GRÖSCHL (1998) und KESSLER (1998) untersuchten den Einfluss der Inkubationstemperatur auf die Ausprägung des mitochondrialen Energiestoffwechsels. Bei der Bestimmung des mitochondrialen O<sub>2</sub>-Verbrauchs adulter Legehybriden, die bei verschiedenen Temperaturen bebrütet wurden, konnten tendenziell höhere Atmungsaktivitäten bei den suboptimal inkubierten Tieren ermittelt werden, während gleichzeitig eine geringer ausgeprägte Effektivität der oxidativen Phosphorylierung bei diesen Hühnern zu messen war (KESSLER, 1998). Bei Puten, die ebenfalls bei variierenden Bruttemperaturen inkubiert wurden, konnten nach der Schlachtung in Lebermitochondrien von männlichen Tieren mit zunehmenden Bruttemperaturen abnehmende O<sub>2</sub>-Verbrauchswerte bestimmt werden. Bei den weiblichen Puten konnten hingegen die höchsten ADP/ O-Werte bei der Kontrollgruppe ermittelt werden. Bei der Betrachtung des Energiestoffwechsels in Herz- und Lebermitochondrien konnte im Vergleich zu den männlichen Tieren eine zum Teil deutliche Überlegenheit der weiblichen Probanden bestimmt werden.

Nach BRODY (1945) ist der Sauerstoffverbrauch positiv korreliert mit dem Energiestoffwechsel der betreffenden Tiere und erscheint daher geeignet, um als Indikator für die Stoffwechselaktivität genutzt zu werden. OWENS et al. (1971) stellten in ihren Untersuchungen an zwei verschiedenen auf Zuwachs selektierten Hühnerlinien erhebliche

Unterschiede bezüglich der Futtermittelverwertung und des Sauerstoffverbrauchs fest. Die Tiere der leichteren Linie zeigten dabei eine signifikant höhere Atmungsaktivität, verbunden mit einer schlechteren Futtermittelverwertung. Bei der Betrachtung von Hühnerlinien, die auf ihren Sauerstoffverbrauch hin selektiert waren, kamen STEWART et al. (1980) zu ähnlichen Ergebnissen. Schnell wachsende Tiere zeigten im Vergleich zu langsam zunehmenden einen geringeren Sauerstoffverbrauch. Tiere mit einem höheren Sauerstoffverbrauch benötigten hier mehr Futter, um die Gewichte der schnell wachsenden Hühner zu erreichen. Aufgrund dieser Ergebnisse wird postuliert, dass sich variierende Stoffwechselaktivitäten entscheidend auf die Effektivität der Tiere auswirken.

MAEDA et al. (1992) verglichen unter anderem Sauerstoffverbrauch, Kohlendioxid- und Wärmeerzeugung sowie den Proteinumsatz bei drei auf Körpergröße selektierten Wachtellinien. Dabei ergaben sich für die genannten Kriterien gleichgerichtete Ergebnisse. Im Vergleich zu den Tieren mit großem Körpervolumen zeigten die auf geringe Körpergröße selektierten Wachteln bezüglich der vier beschriebenen Parameter höhere Werte. Des Weiteren unterschied sich innerhalb der Linien der Sauerstoffverbrauch, die Kohlendioxid- und Wärmeerzeugung und der Proteinumsatz zwischen den Geschlechtern. Während die Körpertemperatur und der Proteinumsatz der weiblichen Tiere über den Werten der männlichen lagen, waren der Sauerstoffverbrauch und die Kohlendioxidproduktion bei den männlichen Wachteln höher. Die genannten Differenzen werden auf das unterschiedliche Verhältnis zwischen Körpervolumen und Körperoberfläche zurückgeführt. Kleine Tiere mit einer im Verhältnis zum Körpervolumen großen Körperoberfläche strahlen mehr Wärme ab als große.

Nach STEPHAN (1993) weisen Hühner mit einer höheren Lebendmasse ausgeprägtere mitochondriale Atmungsaktivitäten auf, während Tiere mit geringeren Lebendgewichten einen niedrigeren mitochondrialen  $O_2$ -Verbrauch zeigen. Zusätzlich konnten, ähnlich wie bei BROWN (1986), tendenziell positive Korrelationen zwischen dem ADP/ O-Quotienten und der Entwicklung der Lebendmasse berechnet werden. JULIAN (1989) geht davon aus, dass schnell wachsende Hühner einen ausgeprägten metabolischen Sauerstoffbedarf haben, der nur durch eine intensive Durchblutung des Lungengewebes gedeckt werden kann.

GRÖSCHL (1998) ermittelte bei männlichen Puten bis zur 9. Lebenswoche negative Zusammenhänge zwischen der Gewichtsentwicklung und dem ADP/ O-Quotienten, von der 11. Woche an wurden dann jedoch positive Korrelationen berechnet. Im Gegensatz dazu war die Höhe des ADP/ O-Quotienten bei den weiblichen Tieren über die gesamte Mastperiode hinweg positiv mit der Gewichtsentwicklung korreliert.

## 2.6.2 Hemmende Einflüsse insbesondere des Halothans auf die oxidative

### Phosphorilierung

Die Effizienz der oxidativen Phosphorilierung, die mit Hilfe des ADP/ O-Quotienten ausgedrückt wird, kann durch die Einwirkung verschiedener Faktoren verringert werden. Diese wirken zum Teil entkoppelnd. Das heißt, dass bei zunehmendem Energiebedarf die mitochondriale Atmung zunimmt, der vermehrt aufgenommene Sauerstoff kann aber nicht vollständig zur Synthese von ATP genutzt werden. Der erforderliche Ladungsaustausch erfolgt durch die Wirkung der Entkoppler, unter Umgehung der ATP-Synthese. Die dabei entstehende Energie wird als Wärmeenergie freigesetzt. Durch die Umgehung der Rephosphorilierung des ADP's zu ATP bleibt die ADP-Konzentration hoch, und der Elektronenaustausch wird weiter verstärkt, wobei die Freisetzung von Wärmeenergie ebenfalls zunimmt (KARLSON, 1994).

BOBYLEVA-GUARRIERO et al. (1984) stellten in ihren Untersuchungen fest, dass bei Hühnern im Vergleich zu Ratten die oxidative Phosphorilierung in höherem Maße entkoppelt ablief. Die Hühner zeigten gegenüber Ratten deutlich geringere ADP/ O-Quotienten. Die Lebermitochondrien von Hühnern sind netzartig umgeben von rauhem endoplasmatischen Retikulum. Ähnliches beobachtete KATZ (1983) bei Wachteln. PRESSMANN und LARDY (1955) bestimmten in diesem Zusammenhang, in Gegenwart von Kalium eine entkoppelnde Wirkung der Mikrosomen auf die oxidative Phosphorilierung.

Von BOBYLEVE-GUARRIERO et al. (1984) wird postuliert, dass Wärmeenergie bei Vögeln die durch die Entkopplung der Atmung von der oxidativen Phosphorilierung entsteht zur Aufrechterhaltung ihrer im Gegensatz zu den Säugern höheren Körpertemperatur genutzt wird.

Nach CHEAH et al. (1981a, b) wirken sich freie Fettsäuren bei Schweinen ebenfalls entkoppelnd auf die oxidative Phosphorilierung aus. Die genannten Autoren fanden durch ihre Untersuchungen an porcinen Mitochondrien heraus, dass das Enzym Phosphatid 2-Acylhydrolase mit mitochondrialen Phospholipiden agiert, wobei Fettsäuren freigesetzt werden, die bei erhöhten Körpertemperaturen bzw. bei auftretender Hyperthermie zur Entkopplung führen.

Nach SNODGRASS und PIRAS (1966) hatte auch das Inhalationsnarkotikum Halothan eine entkoppelnde Wirkung auf die oxidative Phosphorilierung. Dieser Effekt nahm mit steigender Halothankonzentration zu. SYBESMA und EIKELNBOOM (1969) führten das Auftreten des Malignen Hyperthermie Syndroms bei halothanisierten streßempfindlichen Schweinen auf

die entkoppelnde Wirkung des Inhalationsnarkotikums auf die oxidative Phosphorylierung der Mitochondrien in der Skelettmuskulatur zurück.

Bei der Untersuchung der mitochondrialen Atmungsaktivität in Halothan-Sauerstoffgemischen mit verschiedenen Halothankonzentrationen kamen MILLER und HUNTER (1970) zu folgenden Ergebnissen. Konzentrationen von 0-2 % wirkten sich bei NAD-abhängigem Substrat nur unwesentlich auf die Atmungsaktivität aus. Hingegen wurde bei der Verwendung von Succinat als Substrat der Sauerstoffverbrauch leicht eingeschränkt. Konzentrationen von 3-4 % führen zur Hemmung der Atmungsaktivität, und Konzentrationen > 4 % bewirken Membranveränderungen, die ein Anschwellen der Mitochondrien zur Folge haben.

LIMPER (1990) bestimmte bezüglich der Betrachtung der Auswirkung von Halothan auf die mitochondriale Atmung bei verschiedenen Substraten deutliche Unterschiede. In Glutamat/ Malat wird die Atmungsaktivität um bis zu 60 % verringert, wobei diese Einschränkung irreversibel ist. In Succinat hingegen verringert sich der mitochondriale O<sub>2</sub>- Verbrauch nur um etwa 5 %, und es kommt zu keiner länger anhaltenden Schädigung der Elektronentransportkette. Aufgrund der Tatsache, dass mit Ausnahme von Komplex I der Atmungskette, die nachfolgenden Komplexe Succinat und Glutamat/ Malat sowie deren Elektronen gleichermaßen transportieren, wird davon ausgegangen, dass die halothanbedingte Hemmung der oxidativen Phosphorylierung durch eine Beeinträchtigung der Abläufe in Komplex I hervorgerufen wird (HARRIS et al., 1971). Hier fungiert das Halothan als Hemmstoff. Beim Succinat hingegen bleibt der Elektronentransport auch während der Halothaneinwirkung nahezu konstant. Es wird angenommen, dass das Halothan als Entkoppler fungiert (LIMPER, 1990).

## **2.7 Schilddrüsenhormone**

Die Bildung des Schilddrüsenhormons Thyroxin (T<sub>4</sub>) erfolgt in den Follikeln des Schilddrüsengewebes, aus zwei iodierten Vorstufen der Aminosäure Thyrosin (ECKERT et al., 2000). Das sezernierte Thyroxin (T<sub>4</sub>) wird dann zum Teil durch die Enzyme DI und DII in der Leber zu der aktiveren Form 3,3',5 tri-iodo-L-Thyronin (T<sub>3</sub>) deiodiert (VASILATOS-YOUNKEN, 2000). Bei den Säugetieren werden nach STERLING et al. (1970) 30 % des abgegebenen Thyroxins in Triiodthyronin umgewandelt, während bei Hühnern etwa 70 % des Thyroxins zu Triiodthyronin deiodiert werden (SCHWARTZ et al., 1971).

### 2.7.1 Wirkungen der Schilddrüsenhormone

Die Schilddrüsenhormone spielen eine wichtige Rolle bei der Steuerung der Stoffwechselaktivität sowie des Thermoregulationsvermögens und sind von entscheidender Bedeutung für den Ablauf von Wachstums- und Entwicklungsprozessen. Nach MC NABB et al. (1993) wird die Thermoregulation bzw. die Fähigkeit, die Körperwärmeerzeugung zu reduzieren, zu einem Großteil von der Höhe des Triiodthyroninspiegels beeinflusst. Bei Junghähnen, die über einen längeren Zeitraum hinweg erhöhten Umgebungstemperaturen ausgesetzt waren, war eine Abnahme des Triiodthyroningehaltes zu messen, während der Thyroxinspiegel unverändert blieb (COGBURN, 1980). Ähnliche Ergebnisse bestimmten KLANDORF et al. (1981) bei adulten Legehennen. Nach BOBEK et al. (1977) konnten positive Korrelationen zwischen dem Sauerstoffverbrauch in der 1.-8. Lebenswoche und der Höhe des Triiodthyroningehaltes bestimmt werden. Keine Zusammenhänge ergaben sich hingegen zwischen der Atmungsaktivität und der Höhe des Thyroxinspiegels. WILLIAMSON et al. (1985) schließen daraus, dass das Triiodthyronin im Vergleich zum Thyroxin eine ausgeprägtere Wirkung auf die Stoffwechselaktivität hat.

Auch nach YAHAV et al. (1996) führen hohe Umgebungstemperaturen zu sinkenden Triiodthyroninspiegeln. Es zeigte sich, dass durch die Applikation von Triiodthyronin und Thyroxin die Toleranz gegenüber erhöhten Temperaturen abnimmt. Werden die behandelten Tiere suboptimal hohen Temperaturen ausgesetzt, führt dies zur Hyperthermie, was zu steigenden Verlusten führt (BOWEN et al., 1984).

Nach WILLIAMSON et al. (1985) verringerte sich bei Hühnern, die von der 4. Woche an 35 Tage lang bei einer Temperatur von 40 °C gehalten wurden, die  $T_4$ -Konzentration nach dem ersten Versuchstag um 50 % und veränderte sich dann im weiteren Versuchsablauf kaum noch. Der  $T_3$ -Gehalt verringerte sich bei diesen Tieren zunächst um 75 % und blieb anschließend ebenfalls konstant. Bei den Kontrolltieren wurde in der 5. Lebenswoche eine Abnahme der Thyroxinkonzentration im Serum von 20 % bestimmt, danach kam es jedoch zu einer progressiven Erhöhung des  $T_4$ -Spiegels.

Geringe Temperaturen führen nach BOWEN (1985) zu einem Anstieg des Schilddrüsenhormonspiegels. Bei Hühnern, die zum Brutende suboptimal erniedrigten Bruttemperaturen ausgesetzt waren, wurden von der zweiten Lebenswoche an erhöhte Schilddrüsenhormongehalte bestimmt. Dabei konnten mit zunehmendem Alter steigende Gehalte an Thyroxin im Serum gemessen werden. Des weiteren war ein erhöhter Thyroxingehalt mit einer verbesserten Gewichtsentwicklung verbunden. Zusätzlich konnten positive Zusammenhänge zwischen der Höhe des Triiodthyroninspiegels und dem relativen Wachstum dieser Tiere

bestimmt werden (DECUYPERE, 1979). Ein ähnlicher Zusammenhang ergab sich bei Hühnern, die während des Schlupfes auf 33,8 °C erniedrigten Bruttemperaturen ausgesetzt waren. Eine im Vergleich zu den Kontrolltieren verbesserte Mastleistung war bei diesen Tieren mit gesteigerten Schilddrüsenhormongehalten verbunden (DECUYPERE, 1984). MINNE et al. (1984) ermittelten bei 12-15 Wochen alten Puten, die in den letzten 3-4 Bruttagen bei auf 33,5 °C abgesenkten Inkubationstemperaturen bebrütet wurden, im Vergleich zu den Kontrolltieren erhöhte Serumgehalte an T<sub>3</sub> und T<sub>4</sub>. Bei Hühnerküken, die unter ähnlichen Bedingungen inkubiert wurden, konnten im Alter von 3-15 Tagen keine Unterschiede bezüglich der Höhe des T<sub>3</sub>-Spiegels zwischen den Versuchstieren und den Küken der Kontrollgruppe gemessen werden. Allerdings zeigten die suboptimal inkubierten Küken deutlich höhere Thyroxingehalte.

Bei Puten, die bei verschiedenen Bruttemperaturen inkubiert wurden, bewirkte die Absenkung der Bruttemperatur um 1 °C auf 36,8 °C eine Verringerung der Schilddrüsenhormongehalte um 14 % (Thyroxin gesamt) bzw. um 28 % (Thyroxin frei). Bruttemperaturen von 38,8 °C führten analog dazu zu einer Erhöhung der Gehalte an T<sub>4</sub>-gesamt und T<sub>4</sub>-frei, wobei sich die Konzentrationsänderungen etwa in dem Rahmen der vorher beschriebenen Veränderungen bewegten. Insgesamt betrachtet konnten zwischen der Höhe der Schilddrüsenhormonspiegel (T<sub>4</sub>-gesamt und T<sub>4</sub>-frei) und der Mastleistung bei den weiblichen Tieren positive Korrelationen berechnet werden, die zum Teil auch bis zur 13. Woche statistisch gesichert waren. Bei den männlichen Puten wurden dagegen über die gesamte Prüfungsperiode hinweg negative Zusammenhänge bestimmt, die aber nicht statistisch signifikant waren (GAULY et al., 2001).

Die Wirkung der Schilddrüsenhormone ist konzentrationsabhängig. Physiologische Konzentrationen führen zu einer anabolen Stoffwechsellaage mit positiver Stickstoffbilanz und erhöhter Proteinbiosynthese. Unphysiologisch hohe Serumkonzentrationen haben dagegen einen katabolen Effekt mit negativer Stickstoffbilanz (BUDDECKE et al., 1989). In der Humanmedizin wurden bei Patienten mit erhöhten T<sub>3</sub>-Gehalten Nettoproteinverluste bestimmt (MORRISON et al., 1988). Bei Masthühnern führte die hochdosierte Applikation von Triiodthyronin zu eingeschränkten Zunahmen (TIXIER-BOICHARD et al., 1990).

Nach JOHANSSON et al. (1996) besteht ein positiver Zusammenhang zwischen dem T<sub>3</sub>-Gehalt und der Höhe des Wachstumshormonspiegels (GH). Zunehmende GH-Konzentrationen führen zu eingeschränkten Wirkungsgraden des T<sub>3</sub>-abbauenden Leberenzym 5 DIII. In Folge dieses fehlenden Abbaus kommt es zu steigenden Triiodthyronin-Konzentrationen. Masthühnern, die im Alter von 8 Wochen mit GH in



verschiedener Dosierung behandelt wurden, zeigten reduzierte Brustmuskelmassen. Zunehmende GH-Konzentrationen führten bei sinkenden Leberenzymaktivitäten (DIII) zu steigenden T<sub>3</sub>-Gehalten. Bei der Verabreichung von 100µg/ kg Körpermasse wurden dabei die höchsten Effekte erzielt. Hier kam es zu einer Reduktion der Brustmuskelmasse um 12 % und einer Steigerung des T<sub>3</sub>-Gehalts um 108 %, verbunden mit einer um 72 % verringerten Enzymaktivität. Dies wird auf die GH-induzierte Steigerung des T<sub>3</sub>-Spiegels zurückgeführt (VASILATOS-YOUNKEN et al., 2000).

Zusätzlich haben die Schilddrüsenhormone nach (THOMAS et al., 1993) einen erheblichen Einfluss auf die Synthese, Ausschüttung und Bioaktivität des Insuline-like growth factors I (IGF-I). Bei hyperthyroiden Ratten sank der IGF-I-Gehalt in Folge erhöhter Schilddrüsenhormonaktivität, und die Bioaktivität verringerte sich im Vergleich zu den Kontrolltieren um 70 %. Bei Masthühnern, die mit Triiodthyronin behandelt wurden, konnten erniedrigte IGF-I-Spiegel bestimmt werden. Es wird vermutet, dass eine verringerte Bioaktivität des IGF-I mit einer Reduktion der Skelettmuskelsynthese einhergeht (VASILATOS-YOUNKEN et al., 1997 und VASILATOS-YOUNKEN et al., 2000).

## **2.8 Mitochondriale Enzymaktivitäten in Muskel- und Lebergewebe**

Von besonderer Bedeutung sind hier die Aktivitäten der Succinatdehydrogenase (SDH) und der Glutamatdehydrogenase (GLDH) in Muskel- und Lebergewebe. Die SDH ist ein Bestandteil der inneren Mitochondrienmembran und wirkt innerhalb des Zitratzyklus. Hier katalysiert sie durch die Abspaltung von zwei Wasserstoffatomen die Umwandlung von Succinat zu Fumarat. Gleichzeitig wird FAD zu FADH<sub>2</sub> reduziert (ECKART, 2000).

Die GLDH ist in der Matrix der Mitochondrien lokalisiert und katalysiert hier die oxidative Desaminierung des Glutamats zu α-Ketoglutarat; im NH<sub>3</sub>-Stoffwechsel und bei der Harnstoffbiosynthese spielt sie eine wichtige Rolle. Durch die GLDH wird der α-Aminostickstoff von Glutamat, Ornithin, Arginin und Prolin sowie von allen anderen transaminen Aminosäuren abgespalten (BUDDECKE, 1989).

PAVEL (1985) untersuchte die Enzymaktivität von SDH in Herz- und Lebergewebe sowie die GLDH-Aktivität in Lebergewebe bei Hühnern verschiedenen Genotyps. Bei diesen Hühnerlinien handelte es sich um zwei Reinzuchtlinien, die dann reziprok miteinander angepaart wurden. Dabei konnten deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Genotypen bestimmt werden. Zunächst differierten die SDH-Aktivitäten zwischen den Reinzuchtlinien um 14 %, im Vergleich dazu zeigten die Kreuzungen um 27-45 % höhere Enzymaktivitäten,

wobei die Kreuzungen mit höheren SDH-Aktivitäten in der 9. Lebenswoche um 9-20 % höhere Körpergewichte zeigten als die Reinzuchttiere. Nach der Schlachtung konnten jedoch keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Körpergewichte zwischen den Genotypen mehr bestimmt werden.

FARRINGTON (1970) postuliert, dass die züchterische Verbesserung hinsichtlich der Wachstumsraten des Geflügels mit physiologischen Veränderungen verbunden ist, insbesondere im Hinblick auf endokrine Funktionen. PROUDMAN (1975) bestimmte die Aktivität verschiedener Leberenzyme bei Hühnerlinien mit verschiedenem Wachstumsvermögen. Tiere mit hohem Wachstumsvermögen zeigten, im Vergleich zu weniger stark wachsenden Hühnern über die gesamte Versuchsperiode von 22 Wochen hinweg deutlich höhere GLDH-Aktivitäten. PAVEL (1985) konnte ebenfalls bei den Tieren eines schwereren Genotyps im Vergleich zu Hühnern einer leichten Herkunft deutlich stärkere GLDH-Aktivitäten bestimmen. Des weiteren zeigten die Kreuzungen zwischen der leichten und der schweren Linie höhere Körpergewichte, verbunden mit einer um 14-17 % ausgeprägteren GLDH-Wirkung.

GAULY et al. (2001) bestimmte die Wirkungsgrade von SDH und GLDH in Herz- und Lebergewebe von Puten in Abhängigkeit von der Höhe der Bruttemperatur und des Geschlechts. Dabei blieb die GLDH-Aktivität von der Höhe der Bruttemperatur nahezu unbeeinflusst. Auch das Geschlecht hatte nur einen eingeschränkten Einfluss auf den Wirkungsgrad der GLDH.

Die Betrachtung der SDH-Aktivität bei verschiedenen Bruttemperaturen ergab jedoch erhebliche Differenzen. Hier blieb die Enzymaktivität der Tiere, die bei geringeren Temperaturen inkubiert worden waren, bis zur Schlachtung um 14-17 % hinter den Puten der optimal bebrüteten Gruppe zurück. Des weiteren konnte ein deutlicher Geschlechtseffekt bestimmt werden. Die SDH-Aktivität der weiblichen Tiere war bruttemperaturunabhängig stärker ausgeprägt als bei den männlichen Probanden.

### 3 Material und Methoden

#### 3.1 Untersuchte Tiere

Die nachfolgend beschriebenen Untersuchungen wurden an Bruteiern bzw. an den daraus geschlüpften Flugenten der Linie R71, des Zuchtunternehmens Grimaud und Brinkmann GmbH, Balve-Beckum, durchgeführt.

#### 3.2 Erster Versuchsabschnitt (pränatale Phase)

Für die Durchführung der Versuche wurden in zwei Durchgängen insgesamt 670 Bruteier auf der Lehr- und Forschungsstation des Institutes für Tierzucht und Haustiergenetik Oberer Hardthof, der Justus-Liebig-Universität Gießen bebrütet. Pro Durchgang wurden an einem definierten Tag gelegte Bruteier gesammelt, gewogen und nummeriert. Zusätzlich wurde das Eivolumen nach der von GAULY (1991) entwickelten Methode bestimmt. Die individuell gekennzeichneten Eier verteilte man dann nach dem Zufallsprinzip auf 6 gleich große Gruppen.

Aus versuchstechnischen Gründen wurde pro Durchgang jeweils 1 Drittel der Bruteier an drei aufeinanderfolgenden Terminen, im Abstand von 2 Tagen, in die Brüter eingelegt. Die ersten 2 Gruppen am Tag der Eiablage und nachfolgend jeweils zwei Gruppen am 2. und 4. Tag nach der Eiablage (siehe Tab. 2).

Tab. 2: Pro Termin und Gruppe in den Brutschrank eingelegte Eier

Einlegetag	0	2	4
Eizahl in Durchgang 1.	120	120	120
Eizahl in Durchgang 2.	103	103	104

Die Lagerung der Bruteier bis zum Einlegetag erfolgte unter konstanten Bedingungen bei einer Luftfeuchte von 60-70% und einer Raumtemperatur von 10-12 °C.

##### 3.2.1 Durchführung der Inkubation

Die Vorbrut erfolgte bis zum 30. Tag in 3 Motorschrankbrütern der Firma Lippische Kunstbrut, Blomberg. Alle Gruppen wurden währenddessen bei einer relativen Luftfeuchte von 55-60 % bebrütet. Variiert wurde hingegen die Höhe der Vorbruttemperatur.

Zusätzlich erfolgte am 26. Bruttag bei der Hälfte der eingelegten Bruteier eine Behandlung mit dem Inhalationsnarkotikum Halothan (siehe Tab. 3).

Während der Inkubation wurden die Eier kontinuierlich gewendet.

Tab. 3: Vorbrutbedingungen für die einzelnen Eigruppen

Gruppe	Anzahl Durchgang 1 u. 2	Temperatur	Luftfeuchte	Halothanbehandlung
1	60 u. 54	36,5°C	55-60%	nein
2	60 u. 51	37,5°C	55-60%	nein
3	60 u. 51	38,5°C	55-60%	nein
4	60 u. 51	36,5°C	55-60%	ja
5	60 u. 51	37,5°C	55-60%	ja
6	60 u. 52	38,5°C	55-60%	ja

Am 14. Bruttag wurden die Eier durchleuchtet und nicht befruchtete Bruteier bzw. nicht mehr lebensfähige Embryonen aussortiert.

Am 30. Tag erfolgte dann das Umlegen der Eier in Schlupfbrüter des Fabrikats Grumbach BSS 400. Die Schlupfbrut wurde für alle Gruppen bei einer Bruttemperatur von 37,5 °C und einer Luftfeuchte von 75-80 % unter gleichen Bedingungen durchgeführt. Gewendet wurden die Eier in diesem Stadium nicht mehr.

### 3.2.2 Messung der embryonalen Atmung

Der embryonale Sauerstoffverbrauch wurde bei allen intakten Bruteiern nach Ablauf von etwa 2/3 der Brutdauer am 25. Bruttag gemessen, so dass die Stoffwechselaktivität schon ausreichend hoch war, um eine phänotypische Variation ausmachen zu können, die Messungen aber noch zeitig genug vor dem Eintritt in die kritische Plateauphase beendet werden konnten. Am 26. Bruttag erfolgten bei der Hälfte der Eier drei weitere Messungen. Zur Bestimmung der Atmungsaktivität legte man die Eier jeweils einzeln in eine von 5 zu diesem Zweck modifizierten Clarkzellen (siehe Abb. 7), die mit atmosphärischer Luft gefüllt waren (GAULY, 1991). Nach Einlage der Eier in die Zellen wurden diese luftdicht verschlossen und die Menge des veratmeten Sauerstoffs in der Zelle wurde mit Hilfe einer Platin-Silberelektrode erfasst. Für jede Kammer separat wurde dann mit einem an die jeweilige Elektrode gekoppelten Nanoamperemeter der Firma Herrmann, Gladenbach, bzw. der Firma Knick, Berlin, erfasst und mittels Kompensationsschreiber der Firma Linseis, Selb aufgezeichnet. Während der Messung wurden die doppelt ummantelten Kammern kontinuierlich mit 37,5°C warmem Wasser umspült.

Aus den so gewonnenen Daten konnte mit der nachfolgend dargestellten Formel der embryonale Sauerstoffverbrauch errechnet werden.

$$\text{Embryonaler O}_2\text{-Verbrauch (in ml/ Ei/ h)} = ((K_aV_o - E_iV_o) \cdot c \cdot S_{kt}/h) / (100 \cdot S_{kt}/\text{Start})$$

$K_aV_o$  = Kammervolumen

$E_iV_o$  = Eivolumen

$c$  = Sauerstoffgehalt der Luft

$S_{kt}/h$  = Skalenteile zu Beginn der Messung

$S_{kt}/\text{Start}$  = Verbrauchseinheiten pro Stunde

Zur Eichung der Kompensationsschreiber bzw. zur Bestimmung des Nullpunktes wurden die beschriebenen Clarkzellen mit Stickstoff gefüllt, wobei der atmosphärische Sauerstoff aus der Messkammer gedrängt wurde. Vor dem Beginn einer neuen Messung wurde die Kammer geöffnet, so dass wieder Luftsauerstoff in die Zelle gelangen konnte.

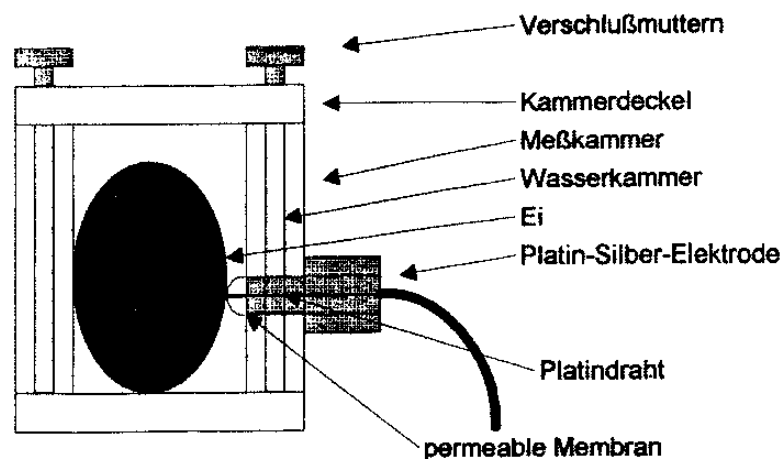


Abb. 7: Darstellung einer modifizierten Clarkzelle zur Messung der embryonalen Atmung (KESSLER, 1998)

### 3.2.3 Durchführung der Halothanbehandlung

Zusätzlich zu der Variation der Vorbruttemperatur erfolgte am 26. Bruttag bei etwa der Hälfte der Bruteier aus jeder Temperaturgruppe eine Halothanbehandlung (siehe Tab. 3). Hierzu legte man die Bruteier in ein gläsernes Inkubationsgefäß, welches mit einem Zuluft- und einem Abluftschlauch versehen war, ansonsten jedoch luftdicht abschloss. Mit Hilfe eines angeschlossenen Wasserbades konnte die Behandlung der Bruteier bei einer konstanten Temperatur von 37,5 °C durchgeführt werden.

Das Inhalationsnarkotikum wurde in flüssiger Form mit Hilfe einer Injektionsspritze über eine verschließbare Öffnung im Deckel des Inkubationsgefäßes zugegeben. Nach Abschluss jeder Behandlung wurde das Halothan-Luftgemisch über einen Abluftschlauch mittels Abzug abgesaugt und das Gefäß über den Zulauf mit Frischluft belüftet.

Die eigentliche Behandlung lief wie folgt ab: Jeweils 4 Bruteier wurden in den Inkubator eingelegt und 30 Minuten erwärmt. Vor der Behandlung wurde bei jedem Ei der embryonale Sauerstoffverbrauch vor der Messung bestimmt. Im Anschluss an die 30-minütige Erwärmung wurden, wie bei GRÖSCHL (1998) beschrieben, 2 ml Halothan in das Inkubationsgefäß gegeben. Nach Ablauf von 5 Minuten wurden die Eier entnommen und es erfolgte sofort eine Sauerstoffverbrauchsmessung. Eine weitere Messung führte man 10 Minuten nach der Halothaneinwirkung durch. Auf diese Weise wurde so zum einen die direkte Einschränkung der Atmungsaktivität der Embryonen durch das Halothan festgehalten, zum anderen konnte auf diese Weise die Erholungsfähigkeit des Embryos bestimmt werden.

### **3.3 Zweiter Versuchsabschnitt (postnatale Phase)**

#### **3.3.1 Haltung der Enten**

Nach dem Schlupf wurden die Enten mit einer Flügelmarke individuell gekennzeichnet und gewogen. Die Aufzucht des ersten Durchgangs erfolgte auf der Versuchsanstalt für Geflügelwirtschaft und Kleintierzucht, Krefeld-Großhüttenhof, der zweite Durchgang wurde auf der Lehr- und Forschungsstation des Institutes für Tierzucht und Haustiergenetik, Oberer Hardthof, der Justus-Liebig-Universität Gießen aufgezogen und gemästet.

Alle Enten wurden unter standardisierten, praxisüblichen Bedingungen gehalten, wobei die Mast nicht nach Geschlechtern getrennt durchgeführt wurde. Alle Tiere erhielten die gleichen Futtermittel, das heißt bis zur 8. Woche ein Aufzuchtfutter mit 12,54 MJ ME und 19 % Rohprotein und ab der 9. Lebenswoche einen Finisher mit 12,74 MJ ME und 16 % Rohprotein.

In der ersten Woche betrug die Temperatur im Stallinneren 27 °C und 34 °C unter dem Heizstrahler.

Die Beleuchtungsdauer betrug zu diesem Zeitpunkt 24 h mit 18-20 Lux. Nachfolgend wurde die Temperatur in der 2. Woche im Stall auf 24 °C und unter dem Strahler auf 30 °C, in der 3. Woche auf 22 °C im Stall und 28 °C unter dem Strahler und in der 4. Woche auf 18-20 °C im Stall abgesenkt. Gleichzeitig verringerten sich Beleuchtungsdauer und -intensität. In der 2. Woche erhielten die Enten 18 h Licht mit 6-7 Lux, und von der 3. Woche an betrug die Lichttaglänge dann bis zur Schlachtung 12 h mit ebenfalls 6-7 Lux in Tierhöhe.

### **3.3.2 Blutentnahme zur Bestimmung des Schilddrüsenhormongehaltes**

Zur Erfassung der Schilddrüsenhormonkonzentration im Blutplasma wurde allen Enten in der 10. Lebenswoche aus der Vena cutanea ulnaris 10 ml Blut entnommen. Anschließend erfolgte eine 15-minütige Zentrifugation der Proben bei 3000 U/ min. in einer Zentrifuge der Firma Martin Christ, Osterode/ Harz. Im Anschluss daran wurde das Plasma in Eppendorf-Reaktionsgefäße gegeben und darin bis zur weiteren Verarbeitung bei –18 °C gelagert.

### **3.3.3 Erfassung der Entwicklung der Lebendmasse und der Organgewichte**

Zur Bestimmung der Gewichtsentwicklung der Enten wurden das Schlupfgewicht, das Aufstallgewicht und während Aufzucht und Mast alle 2 Wochen die Lebendgewichte bestimmt. Zum Zeitpunkt der Schlachtung erfolgte die Ermittlung des Lebendgewichtes sowie des Schlachtgewichtes. Bei den Tieren des ersten Durchgangs wurden zusätzlich die absoluten Herz- und Lebergewichte festgestellt, bei der Schlachtung der Enten des zweiten Durchgangs erfolgte lediglich die Bestimmung der absoluten Herzgewichte. Anschließend wurden rechnerisch die Leber- bzw. Herzgewichte im Verhältnis zum Lebendgewicht bestimmt.

### **3.3.4 Schlachtung der Enten**

Die Tötung der Enten erfolgte nach 14 Wochen. Männliche und weibliche Tiere wurden über den gleichen Zeitraum hinweg gemästet.

Die Schlachtung wurde auf der Lehr- und Forschungsstation, Oberer Hardthof, durchgeführt. Die Enten wurden mittels Naß-Kontaktverfahren in einem Wasserbad betäubt und durch Öffnung der Vena jugularis getötet.

Im Anschluss an die Tötung entnahm man die inneren Organe und bestimmte Herz- und Lebergewichte bzw. nur die Herzgewichte der Enten. Nach Abtrennung der Ständer und Flügelspitzen wurde dann das Schlachtgewicht ermittelt.

### **3.3.5 Erfassung der Fleischbeschaffenheit**

Analog zur Erfassung der Fleischbeschaffenheit bei Schweinen wurde bei den geschlachteten Enten 45 Minuten post mortem der pH-Wert und die elektrische Leitfähigkeit im Brustmuskel (*Muskulus pectoralis*) erfasst. Die Messungen des pH-Wertes erfolgten mit Hilfe des digitalen pH-Meter GPHR 1400 der Firma Greisinger, Regenstauf. Die elektrische Leitfähigkeit wurde mit dem Konduktmeter LF 199 der Firma WTW, Weinheim, in mS/ cm erfasst.

## **3.4 Dritter Versuchsabschnitt (post mortem)**

### **3.4.1 Biochemische Untersuchungen**

Hierbei erfolgte die Ermittlung der Schilddrüsenhormonkonzentration, der Enzymaktivität und der mitochondrialen Stoffwechselaktivität.

#### **3.4.1.1 Gewinnung der Proben**

Zur späteren Bestimmung der Enzymaktivität und der mitochondrialen Atmung wurde direkt im Anschluss an die Wiegung von Herz und Leber das Herz als Ganzes (in toto) und von der Leber der *Lobus quadratus* in eiskaltes Transportmedium gegeben.

Das betreffende Medium setzte sich zusammen aus:

- 0,25 M Saccharose

- 10 mM TRIS-HCl

und 1 mM EDTA, wobei ein pH-Wert von 7,4 vorlag.

Alle weiteren Arbeitsschritte erfolgten in der Zentralen Biotechnischen Betriebseinheit (ZBB) der Justus-Liebig-Universität Gießen.

30 Minuten nach der Entnahme der Proben wurde hier dann die weitere Präparation der Proben durchgeführt. Dies geschah zum Teil auf Eis und im Kühlraum bei 2-4 °C.



### **3.4.1.2 Isolierung der Mitochondrien**

Zunächst wurden die betreffenden Organe von Blutresten, Fett und Bindegewebe befreit, danach wurden 3 g Herzmasse bzw. 5 g Lebergewebe abgewogen und in 1 bzw. 2 ml Isolationsmedium gegeben, um dann mit Isolationsmedium auf 40 ml aufzufüllen.

Zur weiteren Verarbeitung erfolgte mittels Schere und Skalpell eine Vorzerkleinerung des Organgewebes. Anschließend wurden Herz- und Lebermasse mit Hilfe eines Glas-Teflon-Homogenisators POTTER-ELVEHJEM homogenisiert, um die Mitochondrien freizusetzen.

Im weiteren Verlauf der Arbeiten erfolgte zur Gewinnung der Mitochondrien eine differenzierte Zentrifugation der einzelnen Gewebekomponenten. In einer Sorvall-Superspeed-Zentrifuge erfolgte zunächst eine 10-minütige Zentrifugation bei 4 °C und 1850 U/ min (600g) im SS 34 Rotor und anschließend eine weitere, 10 Minuten dauernde Zentrifugationsphase bei 8000 U/min (8000 g). Der sich bei der ersten Zentrifugation bildende Überstand, in dem sich die Mitochondrien befanden, wurde dekantiert. In dem zweiten Arbeitsgang entstand dann ein Pellet, in dem die Mitochondrien sedimentiert waren. Dieses Pellet wurde, nachdem der Überstand erneut dekantiert worden war, in 2 ml Isolationsmedium gelöst. Bis zur Messung der einzelnen Parameter des mitochondrialen Stoffwechsels erfolgte die Lagerung des Mitochondriensuspensionsmediums auf Eis.

### **3.4.1.3 Bestimmung der mitochondrialen Stoffwechselaktivität**

Die Erfassung der mitochondrialen Atmung durch Bestimmung des mitochondrialen Sauerstoffverbrauchs sollte möglichst ohne Verzögerungen direkt nach der Schlachtung durchgeführt werden. Die Ermittlung des mitochondrialen O<sub>2</sub>-Verbrauchs erfolgte mittels einer stationären Platin-Silberelektrode (Clarkzelle) der Firma Bachhofer, Reutlingen. Die betreffende Elektrode befand sich dabei in einer doppelt ummantelten Kammer, die zur Untersuchung der Proben auf 26 °C erwärmt wurde. Um den Zufluss von atmosphärischem Sauerstoff weitestgehend zu verhindern, ließ sich die Kammer mit Ausnahme einer Pipettieröffnung dicht verschließen, so dass nur geringste Mengen an Luftsauerstoff in die Zelle gelangen konnten. Während der Durchführung der Atmungsmessung wurde mittels Magnetrührer eine homogene Verteilung des Sauerstoffs in der jeweiligen Probe erreicht, wodurch ein gleichmäßiger Ablauf der Reaktion gewährleistet werden konnte.

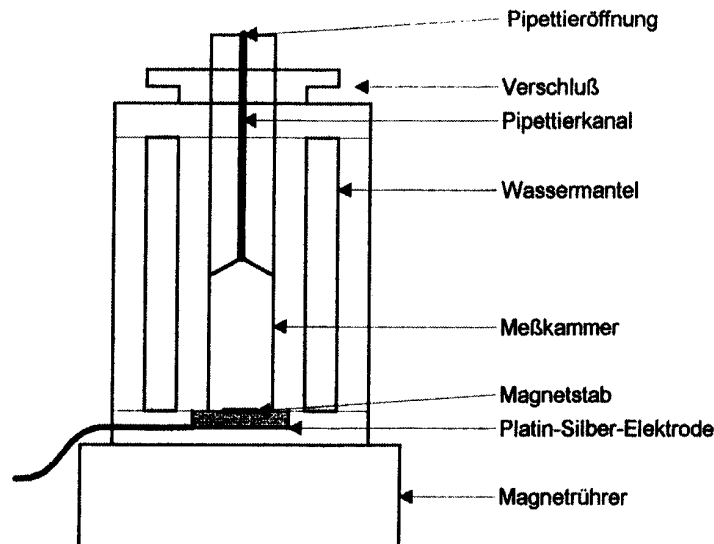


Abb. 8: Darstellung einer Clarkzelle zur Bestimmung der mitochondrialen Atmungsaktivität (KESSLER, 1998)

#### 3.4.1.4 Ablauf der Messung

Einleitend wurde zunächst 1,1 ml Atmungsmedium pipettiert. Dieses setzte sich wie folgt zusammen:

- 0,2 M Saccharose
- 5,0 mM TRIS-HCl
- 12 mM  $\text{KH}_2\text{PO}_4$
- 5 mM  $\text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$
- 1 mM EDTA
- 10 mM NaCl

und 0,5 % BSA, wobei dieses Medium einen pH-Wert von 7,5 aufwies.

Im Vorfeld der eigentlichen Messung der mitochondrialen Atmungsaktivität stellte sich die Platin-Silberelektrode auf den in der Zelle bestehenden Sauerstoffgehalt ein. Die eigentliche Erfassung der Veränderung der  $\text{O}_2$ -Konzentration wurde dann durch die Zugabe von 50  $\mu\text{l}$  Mitochondriensuspension eingeleitet. Diese wurde 5 Minuten inkubiert, und der Verlauf der Änderung des  $\text{O}_2$ -Gehaltes bis zur Zugabe des Succinats Status 1 genannt. In diesem Zeitraum nahm der Sauerstoffgehalt in der Zelle leicht ab, was durch die Eigenatmung der Mitochondrien zu erklären ist. Die zweite Phase der Messung (Status 2) wurde durch die Zugabe von 50  $\mu\text{l}$  5 mM Succinats gestartet. Zu diesem Zeitpunkt nahm der Sauerstoffverbrauch leicht zu. Die eigentliche Atmung der Mitochondrien (Status 3) wurde

dann durch die Zugabe von 50  $\mu\text{l}$  ADP (3,4 mM) gestartet. Nach der Zuführung des ADP's stieg der  $\text{O}_2$ -Verbrauch sofort stark an, bis das gesamte ADP umgesetzt war. Danach sank die Atmungsaktivität wieder stark ab, und die nächste Phase (Status 4) begann (Gesamtverlauf siehe Abb. 9).

Die jeweiligen Änderungen der Sauerstoffkonzentration in der Zelle wurden mit Hilfe eines Kompensationsschreibers erfasst. Mit Hilfe dieser Kurve ließ sich der Sauerstoffverbrauch in den einzelnen Phasen exakt zuordnen und in  $\mu\text{l O}_2/\text{g Mitochondrienprotein}/\text{Minute}$  bestimmen. Mit diesen Werten ließen sich dann nach ESTABROOK et al. (1957) der ADP/O-Quotient und RCR-Wert berechnen. Der ADP/O-Quotient gibt hierbei die Relation des zugegebenen ADP's zu dem in Status 3 verbrauchten Sauerstoff an und ist damit ein Maß für die Effizienz der oxidativen Phosphorylierung. Der Respiratorische Kontrollquotient (RCR) gibt Aufschluß über den Grad der Intaktheit der Mitochondrien, wobei das Verhältnis zwischen der Atmungsintensität in Status 3 und Status 4 ermittelt wird.

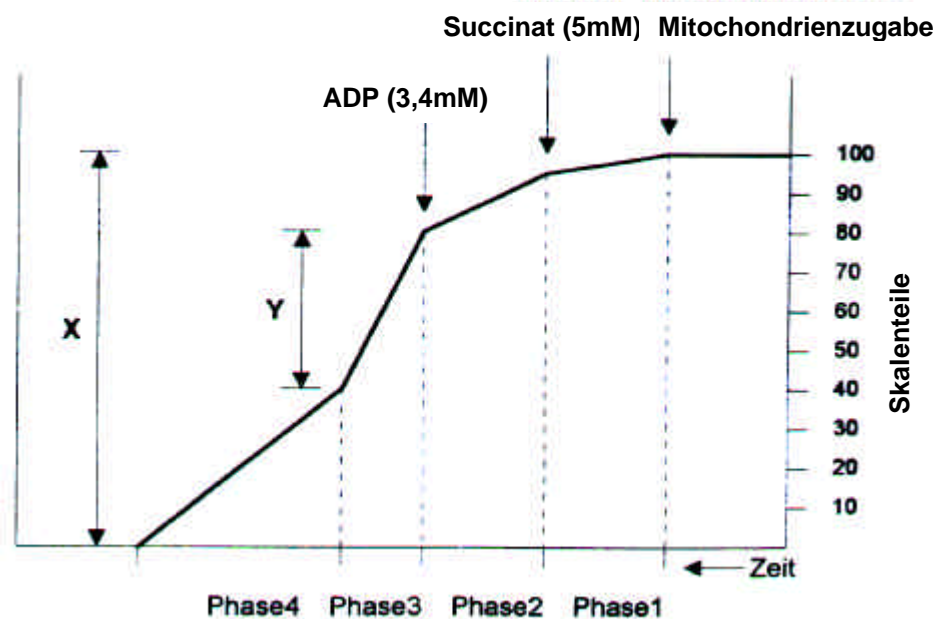


Abb. 9: Abbildung zum Verlauf der mitochondrialen Atmung in Status 1-4 (KESSLER, 1998)

### 3.4.1.5 Proteinbestimmung

Als einheitliche Bezugsgröße, auf die der mitochondriale Sauerstoffverbrauch bezogen werden konnte, wurde der Proteingehalt der einzelnen Mitochondrienproben bestimmt. Dies erfolgte mittels der nach LOWRY et al. (1951) modifizierten Folinmethode, wobei kristallines Rinderserumalbumin als Standard diente. Nach der Bestimmung der mitochondrialen Proteingehalte in g/l wurde der mitochondriale Sauerstoffverbrauch auf 1 g mitochondriales Protein bezogen.

### 3.5 Bestimmung der Enzymaktivität

#### 3.5.1 Enzymextraktion zur Bestimmung der Aktivität der Succinatdehydrogenase (SDH, E.C. 1.3.99.1) und der Glutamatdehydrogenase (GLDH, E.C. 1.4.1.3)

Zur Bestimmung der Enzymaktivitäten wurden die bei  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  gelagerten Gewebeproben in einem Kühlraum bei  $2-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  schonend aufgetaut. Ähnlich wie bei der Vorbereitung der Proben zur Extraktion der Mitochondrien wurden auch hier, zunächst auf Eis, Blut-, Fett- und Gewebereste entfernt. Danach wurden jeweils 1 g Herz- bzw. 3 g Lebergewebe in 19 ml Extraktionsmedium aufgenommen. Dieses Medium hatte folgende Zusammensetzung:

- 100 mM  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,
- 100 mM  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ,
- 20 mM EDTA

und 100 mM GSH, wobei dann ein pH-Wert von 7,2 vorlag.

Nach Zugabe des Gewebes in das Medium erfolgte die Zerkleinerung der Proben, zunächst mit Schere und Skalpell, anschließend durch eine jeweils viermalige Bearbeitung von je 20 Sekunden Dauer in einem Homogenisator der Marke Ultra Thurarax TP 1810 von Janke und Kunkell, Staufen. Zwischen den Zerkleinerungsschritten erfolgte jeweils eine Kühlung der Proben mit flüssigem Stickstoff, um eine Denaturierung der Proteine auszuschließen. Nach der Homogenisierung ließ man die gröberen Gewebepartikel und vorhandene Verunreinigungen 30 Minuten lang sedimentieren. Im Anschluss daran konnten die Herz- bzw. Leberhomogenate für die Bestimmung der SDH-Aktivität genutzt werden.

Zur Erfassung der GLDH-Wirkung wurde ein Teil des jeweiligen Organhomogenates nach der Sedimentation im Verhältnis 1:1 mit Extraktionsmedium verdünnt.

#### 3.5.2 Bestimmung der Enzymaktivität von SDH (E.C. 1.3.99.1) und GLDH (E.C. 1.4.1.3)

Die Bestimmung der Aktivitäten der Enzyme SDH und GLDH in Herz- und Leberhomogenat erfolgte mit einem Eppendorf-Analogphotometer mit temperiertem Küvettenhalter, worin die Proben auf  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  erwärmt wurden. Die Enzymaktivitäten in den einzelnen Proben wurden dann mit Hilfe eines Kompensationsschreibers, der mit dem Photometer verbunden war, festgehalten. Die zur Extinktionsmessung gebrauchten Messküvetten hatten eine Schichtdicke von 0,5 cm. Die Aktivitätsbestimmung der SDH erfolgte bei einer Wellenlänge von 546 nm, die der GLDH bei 366 nm.

Zur Bestimmung der Succinatdehydrogenase-Aktivität bediente man sich der von KADENBACH (1966) beschriebenen Methode.

Zur Messung der einzelnen Extinktionen wurde folgender Testsatz bestehend aus

- 137 mM K-Phosphatpuffer + 5mM EDTA mit einem pH-Wert von 7,4,
- 261 mM KCN,
- 0,11 mM Cytochrom c,
- und 0,05 ml Gewebehomogenat in die beschriebenen Küvetten pipettiert.

Nach ca. 2 Minuten Vorlauf begann die Reaktion durch Zugabe von 20 mM Succinat-Lösung. Zur Bestimmung der GLDH-Aktivität wurde das von DELBRÜCK et al. (1959) entwickelte Verfahren angewendet. Danach wurde die Extinktion bzw. der Extinktionsabfall in einem definierten Testsatz bestehend aus

- 50 mM Triäthanolamin-HCl + 5 mM EDTA mit einem pH-Wert von 7,2,
- 40 mM Ammoniumacetat mit einem pH-Wert von 7,6,
- 0,15 mM NADH und 0,05 ml Probe erfasst.

Der Reaktionsablauf wurde auch hier erst nach einem 2-minütigen Vorlauf mit 3 mM  $\alpha$ -Ketoglutarat gestartet. Mit Hilfe des angeschlossenen Kompensationsschreibers konnten dann die Enzymaktivitäten in Form von absinkenden Extinktionen, die photometrisch erfasst wurden, von der Zugabe des jeweiligen Substrats bis hin zur vollständigen Umsetzung desselben graphisch festgehalten werden.

### **3.6 Erfassung der Schilddrüsenhormonkonzentrationen (frei und gesamt)**

Die quantitative Bestimmung des freien Thyroxins und des Gesamtthyroxins wurde mit Hilfe eines kompetitiven Festphasen-Radioimmunoassays im Plasma der Enten durchgeführt. Aus labortechnischen Gründen war es nicht möglich, die Gehalte an Triiodthyronin als der aktiveren Form dieses Hormons zu bestimmen.

Hierzu nutzte man die Testbestecke Coat-A-Count Freies T<sub>4</sub>-RIA und Coat-A-Gesamt T<sub>4</sub>-RIA der Firma DPC-Biermann, Bad Nauheim. Die Messung der Hormonkonzentrationen fand in der Zentralen Biotechnischen Betriebseinheit des Strahlencentrums der Justus-Liebig-Universität Gießen statt. Die verwendeten Testkits basierten auf der Analog-Tracer-Methode (Thyroxinanalogon).

Auf diesem Wege konnten in einem Arbeitsgang in einem Röhrchen die Konzentrationen von freiem Thyroxin (ng/ dl) und von Gesamtthyroxin ( $\mu\text{g/ dl}$ ) gemessen werden. Die Menge gebundener Radioaktivität wurde in einem Packard-Gammacounter (Auto-Gamma-5000 mit 3 Zoll Querloch Na-J-Detektor) bestimmt.

### 3.7 Erfassung histometrischer Merkmale

Im Rahmen der hier beschriebenen Untersuchungen sollten die folgenden Parameter mittels der anschließend dargestellten Methode bestimmt werden. In diesem Zusammenhang waren die nachfolgend aufgeführten Parameter von Bedeutung:

- Formfaktor:

Der Formfaktor dient als Maß zur Erfassung der Zirkularität der Muskelfasern. Die entsprechenden Werte liegen im Bereich zwischen 1 und 0. Je höher der betreffende Wert ist, desto runder ist die Faser. Die Zirkularität wurde nach folgender Formel berechnet:

$$\text{Formfaktor} = (4 * p * \text{Fläche}) / (\text{Außenumfang}^2).$$

- Fläche ( $\mu\text{m}^2$ ):

Die durchschnittliche Faserquerschnittsfläche ergibt sich aus der Anzahl der Pixel, aus denen sich das Objekt zusammensetzt.

- Faseranzahl:

Hier wurde die Anzahl der Muskelfasern pro Bildausschnitt abzüglich der Fasern, die den Bildrand berührten, bestimmt.

- Kreisdurchmesser ( $\mu\text{m}$ ):

Es handelt sich dabei um einen Äquivalenzdurchmesser. Der Kreisdurchmesser ist der Durchmesser einer Kreisfläche, die der Größe des erfassten Objektes entspricht. Nach der Erfassung der Faserfläche wird der Kreisdurchmesser wie folgt berechnet:

$$(\sqrt{4 * \text{Fläche} / p}).$$

- Mittlere Sehnenlänge ( $\mu\text{m}$ ):

Die mittlere Sehnenlänge beschreibt das Verhältnis zwischen der Fläche und dem äußeren Umfang der Muskelfasern ( $\text{Fläche}/\text{Außenumfang}$ ).

- Umfang ( $\mu\text{m}$ ):

Erfasst wurden der innere und der äußere Umfang der Muskelfasern. Durch die Berechnung des arithmetischen Mittels aus diesen Werten konnte dann der mittlere Faserumfang bestimmt werden.

- Feretdurchmesser ( $\mu\text{m}$ ):

Mit dem minimalen bzw. dem maximalen Feretdurchmesser wird die Länge des minimalen bzw. des maximalen Durchmessers der Muskelfaserfläche angegeben (siehe Abb. 10).

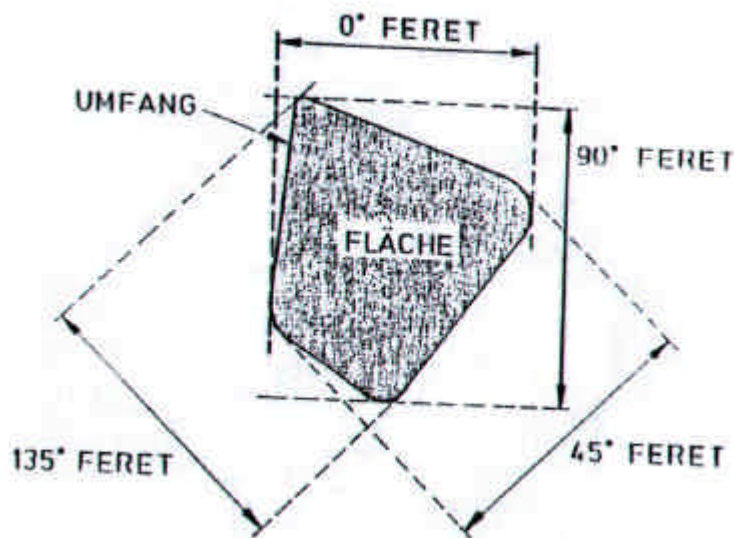


Abb. 10: Geometrische Parameter des Bildanalyseystems (BOCKISCH et al., 1993)

### 3.7.1 Vorbereitung der Proben

Die Entnahme und Aufbereitung der Proben erfolgte nach der von STEPHAN (1993) beschriebenen Methode. Demzufolge wurden von den einzelnen Versuchstieren Muskelproben aus dem kranialen Bereich des *Musculus pectorales superficialis* entnommen. Die Entnahme fand dabei an einer vorher genau definierten Stelle dieses Muskelbereiches statt. Die anschließende Präparation der Muskelproben fand dann im histologischen Labor des Institutes für Tierzucht und Haustiergenetik der Justus-Liebig-Universität Gießen statt. Nach der Entnahme wurden die Proben in 7-prozentigem Formalin fixiert, gewässert und im Anschluss daran in einer aufsteigenden Alkoholreihe entwässert und entfettet. Danach fand eine Behandlung mit Methylbenzoat statt, um dann im weiteren Verlauf der Präparation die Proben zunächst auf weichem und dann auf hartem Paraffin aufzublocken (Methylbenzoat-Celloidin-Paraffin-Methode nach PALLASKE und SCHMIDELL (1959)). Nachfolgend wurden mittels Microtom Querschnitte von den Präparaten angefertigt und mit Azan nach HEIDENHEIN (1915) in der Weise angefärbt, dass Muskelfasern rot und Bindegewebe blau erschienen.

### 3.7.2 Bestimmung der histometrischen Parameter

Am Institut für Landtechnik der Justus-Liebig-Universität Gießen wurden die histologischen Schnitte, von denen zuvor Diapositive erstellt worden waren, mit Hilfe der digitalen Bildverarbeitung ausgewertet. Diese lief in mehreren Schritten ab. Zunächst wurde das Bild der jeweiligen Muskelprobe in Form eines analogen Signals über eine Kamera auf die Bildverarbeitungskarte (Frame Grabber) übertragen und an den dort befindlichen Analog-Digital-Wandler weitergegeben. Hier erfolgte die Digitalisierung der Bilddaten. Das zu digitalisierende Bild wurde zunächst in Rasterflächen unterteilt, anschließend erfolgte für jede Fläche des Bildes die Bestimmung eines Grauwertes. Danach wurden die bearbeiteten Bilder im Bildspeicher mit Hilfe der Bildverarbeitungskarte gespeichert, so dass eine spätere Auswertung ermöglicht wurde. Die Werte für die beschriebenen Parameter erfasste man schließlich mit dem auf der Windows-Ebene arbeitenden Programm OPTIMAS (optical measurement and analysis software).

### 3.8 Statistische Methoden

Für die weitere Auswertung der erhobenen Daten wurden diese in das Tabellenkalkulationsprogramm Excel 97 übertragen.

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm Statistical Package for the Social Science (SPSS) für Windows Version 9.0.

Bei der Darstellung der phänotypischen Korrelationen wurden signifikante Zusammenhänge ( $p = 0,05$ ) mit einem Stern (\*) gekennzeichnet, hochsignifikante Korrelationen ( $p = 0,01$ ) mit zwei Sternen (\*\*) und höchstsignifikante Korrelationen ( $p = 0,001$ ) mit drei Sternen (\*\*\*).

Die Tests auf Normalverteilung des Datenmaterials erfolgten nach dem Verfahren von KOLMOGOROV-SMIRNOV (1997).

Die Ermittlung signifikanter Unterschiede hinsichtlich der Ausprägung der einzelnen Merkmale erfolgte mit dem Post-Hoc-Verfahren. Dabei wurden der Tukey-Test und der Dunnett T3-Test angewandt.

Bei fehlender Normalverteilung erfolgte eine Logarithmierung der Daten.

Die geschätzten Randmittel zu den entsprechenden Parametern wurden mit den nachfolgend aufgeführten Modellen errechnet.



Um den Einfluss von fixen Effekten auf die zu untersuchenden Parameter schätzen zu können, wurden die folgenden Modelle aufgestellt.

Modell 1 für die embryonale Atmung am 25. u. 26. Brutttag vor der Halothanbehandlung:

$$Y_{ijklmn} = \mu + S_i + T_j + K_k + L_l + G_m + b_1x_1 + f_{ijklmn}$$

Modell 2 für die embryonale Atmung am 26. Brutttag in Verbindung mit dem Frischeigewicht:

$$Y_{ijklmno} = \mu + S_i + T_j + H_k + K_l + L_m + b_1x_1 + f_{ijklmn}$$

Modell 3 für die Entwicklung der Lebendmasse:

$$Y_{ijklmn} = \mu + S_i + T_j + H_k + L_l + G_m + b_1x_1 + f_{ijklmn}$$

Modell 4 für die Thyroxinkonzentrationen ( $T_4$ -frei und  $T_4$ -gesamt):

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + H_j + G_k + f_{ijk}$$

Modell 5 für die mitochondriale Atmungsaktivität:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + H_j + G_k + V_l + R_m + f_{ijklmn}$$

Modell 6 für die Enzymaktivitäten (SDH und GLDH in Herz- und Leberfrischmasse):

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + H_j + G_k + V_l + f_{ijklm}$$

Modell 7 für die Organgewichte (Herz und Leber):

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + H_j + G_k + V_l + f_{ijklm}$$

Y	= abhängige Variable	R	= Rang der Mitochondrien
$\mu$	= Gesamtmittelwert	S	= Standort
E	= Rangklasse	T	= Bruttemperatur
G	= Geschlecht	V	= Versuchstag
H	= Halothanbehandlung	$b_1x_1$	= Regressionskoeffizient für das Frischeigewicht
K	= Messsystem	f	= Restfehler
L	= Lagerungsdauer		

Um den Verlauf der Gewichtsentwicklung bei den verschiedenen Vorbrutbedingungen darstellen und vergleichen zu können, wurden die entsprechenden Kurvenverläufe mit Hilfe von logistischen und quadratischen Funktionen konstruiert, die aus den gemessenen Gewichten bzw. täglichen Zunahmen heraus berechnet wurden.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Frischeigewichte

Die betreffenden 670 Bruteier wurden zufällig auf 6 Versuchsgruppen verteilt, wobei sich die durchschnittlichen Eigewichte der einzelnen Versuchsgruppen nicht signifikant voneinander unterschieden. Das durchschnittliche Eigewicht insgesamt betrug 84,09 g, das schwerste Brutei wog 99,99 g und das leichteste 70,78 g, so dass die maximale Differenz 29,21 g betrug (siehe Tab. 4).

Tab. 4: Frischeigewichte in den einzelnen Versuchsgruppen

Gruppe	n	Eigewicht frisch (g)			
		Minimum	Mittelwert	Maximum	Standardabweichung
gesamt	670	70,78	84,09	99,99	5,73
36,5 °C	109	72,10	83,89	99,89	5,87
37,5 °C	112	72,87	83,43	99,92	5,42
38,5 °C	108	72,60	84,78	99,39	5,52
36,5 °C halothanbehandelt	110	71,44	84,13	99,99	5,85
37,5 °C halothanbehandelt	117	70,87	84,79	99,98	6,00
38,5 °C halothanbehandelt	114	70,78	83,52	99,96	5,67

### 4.2 Brutergebnis

Von den 670 eingelegten Bruteiern waren 659 befruchtet, was einer Befruchtungsrate von 98,4 % entsprach. Aus diesen 659 Eiern schlüpften insgesamt 260 Küken (siehe Tab. 5), wonach die Schlupfrate 39,5 % betrug. Die geringste Anzahl von Küken schlüpfte bei einer Vorbruttemperatur von 36,5 °C. Hier waren es lediglich 36,1 %. Das beste Schlupfergebnis wurde mit 45,6 % bei einer Vorbruttemperatur von 38,5 °C erreicht. Es fiel auf, dass die Schlupfrate der bei Optimaltemperatur von 37,5 °C bebrüteten Eier (36,7 %) sich nur unwesentlich von dem Schlupfergebnis der bei 36,5 °C inkubierten Bruteier unterschied. (siehe Abb. 11).

Tab. 5: Schlupfergebnis (absolut) in Abhängigkeit von der Vorbruttemperatur

Schlupf	Vorbruttemperatur			
	gesamt	36,5 °C	37,5 °C	38,5 °C
ja	260	78	83	99
nein	399	138	143	118

Von den 260 geschlüpften Küken erreichten 243 ein Alter, bei dem die Geschlechtertrennung zweifelsfrei möglich war. Insgesamt bestand diese Gruppe der geschlüpften Probanden zu 55 % aus männlichen und zu 45 % aus weiblichen Tieren.

Die Erfassung der Geschlechter nach den verschiedenen Vorbruttemperaturen ergab, dass mit zunehmender Vorbruttemperatur der Anteil männlicher Tiere zunahm. Bei den 36,5 °C bebrüteten Eiern waren 52 % der Küken männlich; bei Optimaltemperatur inkubierten betrug der Anteil männlicher Tiere 55 %, und der höchste Anteil männlicher Enten (57 %) schlüpfte bei 38,5 °C Vorbruttemperatur (siehe Tab. 6).

Tab. 6: Geschlechterverteilung (absolut) unter Berücksichtigung der Vorbruttemperatur

Geschlecht	Vorbruttemperatur			
	gesamt	36,5 °C	37,5 °C	38,5 °C
männlich	134	37	44	53
weiblich	109	33	36	40

#### 4.2.1 Schlupfergebnis unter Berücksichtigung der Halothaneinwirkung

Die Behandlung der Bruteier mit dem Inhalationsnarkotikum wirkte sich nur in geringem Umfang auf das Schlupfvermögen der Küken aus. Bei den behandelten Bruteiern konnte im Vergleich zu den unbehandelten eine ähnliche Rangierung der Temperaturgruppen bestimmt werden. Auch hier wiesen die bei 38,5 °C inkubierten Eier das beste Schlupfergebnis (45,9 %) auf. Die geringste Schlupfrate zeigte die Gruppe, die bei 36,5 °C bebrütet wurde (36,4 %), wobei sich die Schlupfrate der optimal bebrüteten Eier (38,8 %) auch hier kaum von der zuvor genannten Gruppe unterschied (siehe Tab. 7 und Abb. 11).

Tab. 7: Schlupfergebnis (absolut) unter Berücksichtigung variierender Brutbedingungen

Schlupf	Halothan ja				Halothan nein			
	gesamt	36,5 °C	37,5 °C	38,5 °C	gesamt	36,5 °C	37,5 °C	38,5 °C
ja	136	40	45	51	127	40	39	48
nein	201	70	71	60	198	68	72	58

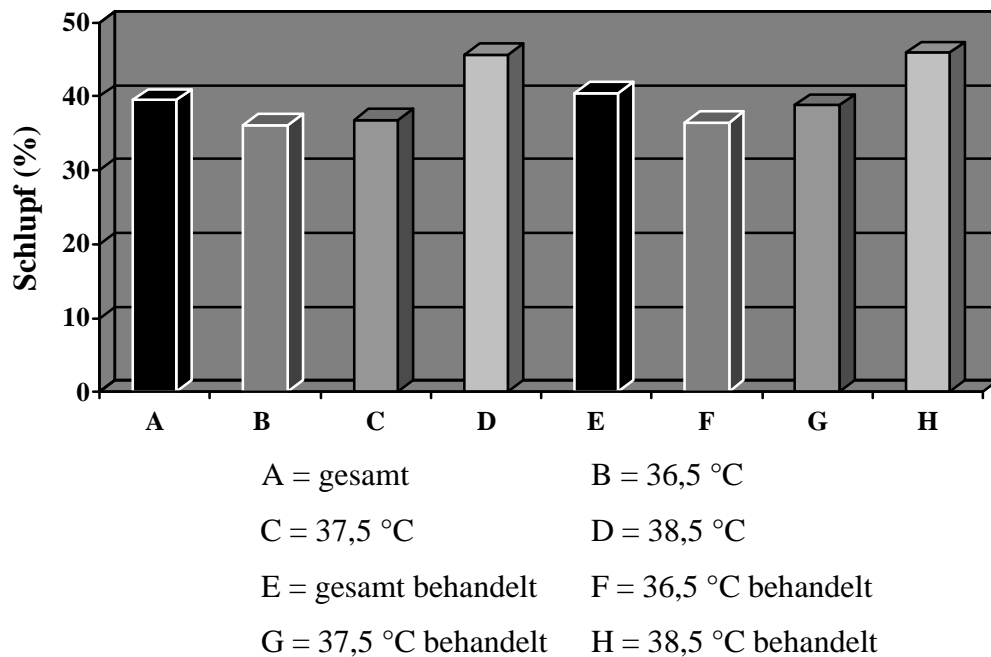


Abb.11: Darstellung des Schlupfergebnisses (in Prozent) unter Berücksichtigung der variierenden Vorbrutbedingungen

### 4.3 Die embryonale Atmung

Am 25. und 26. Tag wurde nach der unter Punkt 3 beschriebenen Methode der Sauerstoffverbrauch der Bruteier bei den verschiedenen Brutbedingungen erfasst. Mit Hilfe einer Varianzanalyse wurde bestimmt, inwieweit sich systematische Umwelteinflüsse auf die ermittelten Werte auswirkten. Die Ergebnisse hierzu werden nachfolgend dargestellt.

#### 4.3.1 Die embryonale Atmung am 25. Bruttag

Am 25. Bruttag beeinflussten die Faktoren Durchgang, Brutbedingung, Messsystem, Lagerungsdauer der Eier und das Geschlecht die Höhe des embryonalen Sauerstoffverbrauchs höchstsignifikant, zusätzlich wirkte sich das Frischeigewicht hochsignifikant auf die embryonale Atmungsaktivität aus (siehe Tab. 8).

Tab. 8: Einflussfaktoren auf die embryonale Atmung am 25. Bruttag

Faktor	O <sub>2</sub> -Verbrauch in ml/ h u. Ei					
	n	Mittelwert u. Standardabweichung	Standardfehler	Minimum	Maximum	Signifikanz
Durchgang						
1	349	58,71+/-18,47	1,03	24,20	99,80	
2	310	49,52+/-12,91	0,74	18,00	83,20	<b>p = 0,000***</b>
Brutvarianten						
38,5 °C	216	58,40+/-16,63	1,74	25,00	99,80	
37,5 °C	226	54,66+/-16,39	1,53	18,00	99,80	
36,5 °C	217	49,21+/-15,55	1,46	22,00	89,60	<b>p = 0,000***</b>
Messsystem						
1	165	68,97+/-13,85	1,10	34,80	99,80	
2	165	41,22+/-8,42	0,68	18,00	64,80	
3	165	52,82+/-9,65	0,76	27,60	76,60	
4	164	54,40+/-19,86	1,58	22,00	98,80	<b>p = 0,000***</b>
Lagerungsdauer der Eier in Tagen						
0	220	56,46+/-14,65	0,99	27,60	99,80	
2	220	55,44+/-18,28	1,25	18,00	98,80	
4	219	50,15+/-16,06	1,16	22,00	92,00	<b>p = 0,000***</b>
Geschlecht						
1	134	63,32+/-15,30	1,32	31,40	99,80	
2	109	55,30+/-14,68	1,42	32,40	94,60	<b>p = 0,000***</b>
Regressionskoeffizient für das Eigewicht frisch	659	0,586				<b>p = 0,003**</b>

In einer Varianzanalyse wurde geprüft, ob sich die Atmungsaktivitäten, die bei den verschiedenen Bruttemperaturen erfasst wurden, signifikant unterschieden. Es zeigte sich, dass der O<sub>2</sub>-Verbrauch bei einer Bruttemperatur von 38,5 °C erwartungsgemäß die höchsten Werte erreichte, während bei 36,5 °C die geringsten Mengen an Sauerstoff veratmet wurden. Die Atmungsintensität bei 38,5 °C war dabei um 4,9 % und somit hochsignifikant höher als bei Optimaltemperatur (37,5 °C), während bei 36,5 °C um 9,2 % höchstsignifikant geringere Werte gemessen wurden (siehe Tab. 9).

Tab. 9: Unterschiede zwischen den embryonalen Atmungsaktivitäten bei verschiedenen Bruttemperaturen am 25. Brutttag

Brutvariante	n	O <sub>2</sub> -Verbrauch in ml/ h u. Ei			
		geschätzte Randmittel	Standardfehler	Brutvariante	Signifikanz
38,5 °C	216	59,30	2,35	37,5 °C	<b>0,009**</b>
				36,5 °C	<b>0,000***</b>
37,5 °C	226	56,52	2,30	38,5 °C	<b>0,009**</b>
				36,5 °C	<b>0,000***</b>
36,5 °C	217	51,35	2,34	38,5 °C	<b>0,000***</b>
				37,5 °C	<b>0,000***</b>

#### 4.3.2 Die embryonale Atmung am 26. Brutttag

Aus versuchstechnischen Gründen wurde zu diesem Zeitpunkt nur der Sauerstoffverbrauch der Eier gemessen, die anschließend mit dem Inhalationsnarkotikum Halothan behandelt wurden. Für den 26. Brutttag konnten mit Hilfe einer weiteren Varianzanalyse ähnliche systematische Einflüsse auf die Atmungsintensität wie bei der Messung am 25. Tag bestimmt werden, (siehe Tab. 10).

Tab. 10: Einflussfaktoren auf die embryonale Atmung am 26. Brutttag

Faktor		n	O <sub>2</sub> -Verbrauch in ml/ h u. Ei			
			Mittelwert u. Standardabweichung	Minimum	Maximum	Signifikanz
Durchgang						
	1	163	63,25+/-21,16	24,8	118	
	2	161	54,65+/-15,09	24,8	95	<b>p = 0,000***</b>
Brutvarianten						
38,5 °C + Halothan		107	62,87+/-18,94	27	112,8	
37,5 °C + Halothan		111	59,91+/-19,87	28,2	118	
36,5 °C + Halothan		106	53,94+/-16,58	24,8	92	<b>p = 0,003**</b>
Messsystem						
	1	81	72,77+/-15,04	36,8	108,4	
	2	81	44,48+/-9,62	24,8	68	
	3	81	58,00+/-12,12	29,8	88,2	
	4	81	60,90+/-23,67	24,8	118	<b>p = 0,000***</b>
Lagerungsdauer der Eier in Tagen						
	0	110	61,42+/-17,33	29,8	102	
	2	115	62,74+/-20,46	27	118	
	4	99	52,25+/-16,85	24,8	108,4	<b>p = 0,000***</b>
Geschlecht						
	1	71	65,33+/-17,72	34,6	112,8	
	2	57	62,62+/-17,70	36	106,4	<b>p = 0,000***</b>
Regressionskoeffizient für das Eigewicht frisch		324	0,529			<b>p = 0,000***</b>

Auch am 26. Bebrütungstag zeigte sich bei 38,5 °C die höchste Atmungsaktivität, sie lag hier 5,2 % über der bei Normaltemperatur (37,5 °C); die Unterschiede waren im Vergleich zur Messung am 25. Tag allerdings nicht signifikant. Der O<sub>2</sub>-Verbrauch bei 36,5 °C lag mit 8,3 % unter dem Wert bei Normaltemperatur und unterschied sich damit analog zur Messung am 25. Tag höchstsignifikant von diesem (siehe Tab. 11).

Tab. 11: Unterschiede zwischen den embryonalen Atmungsaktivitäten bei verschiedenen Bruttemperaturen am 26. Brutttag vor der Halothanbehandlung

Brutvariante	n	O <sub>2</sub> -Verbrauch in ml/ h u. Ei			
		geschätzte Randmittel	Standardfehler	Brutvariante	Signifikanz
38,5 °C + Halothan	106	64,43	1,37	37,5 °C + Halothan	0,088 n. s
				36,5 °C + Halothan	<b>0,000***</b>
37,5 °C + Halothan	111	61,24	1,38	38,5 °C + Halothan	0,088 n. s
				36,5 °C + Halothan	<b>0,007**</b>
36,5 °C + Halothan	107	56,19	1,43	38,5 °C + Halothan	<b>0,000***</b>
				37,5 °C + Halothan	<b>0,007**</b>

#### 4.3.2.1 Die embryonale Atmung am 26. Brutttag unter Einfluss von Halothan

Um zu prüfen, ob sich die Unterschiede zwischen den Atmungsintensitäten der Embryonen deutlicher darstellen lassen, wurde zusätzlich zur Variation der Bruttemperatur etwa die Hälfte der Bruteier jeder Temperaturgruppe mit jeweils 2 ml des Inhalationsnarkotikums Halothan begast; direkt im Anschluss daran und nach einer 10-minütigen Erholungsphase wurde der Sauerstoffverbrauch erneut gemessen.

#### 4.3.2.2 Die embryonale Atmung direkt nach der Halothaneinwirkung

Für die Atmungsaktivitäten direkt nach der Halothaneinwirkung wurden ähnliche Einflüsse wie auch schon bei der Atmungsaktivitätsbestimmung vor der Behandlung mit dem Inhalationsnarkotikum ermittelt (siehe Tab. 12).

Tab. 12: Einflussfaktoren auf die embryonale Atmung am 26. Brutttag direkt nach der Halothanbehandlung

Faktor	O <sub>2</sub> -Verbrauch in ml/ h u. Ei				
	n	Mittelwert u. Standardabweichung	Minimum	Maximum	Signifikanz
Durchgang					
1	163	53,07+/-18,81	19,8	98,8	
2	161	41,17+/-11,66	14,8	70	<b>p = 0,000***</b>
Brutvarianten					
38,5 °C + Halothan	107	50,21+/-16,49	24,2	96,2	
37,5 °C + Halothan	111	47,86+/-17,78	19,8	98,8	
36,5 °C + Halothan	106	43,17+/-15,14	14,8	90,4	<b>p = 0,001***</b>
Messsystem					
1	81	58,19+/-14,77	29,8	92,8	
2	81	35,05+/-7,78	15,6	50,4	
3	81	46,35+/-9,03	23,6	68	
4	81	49,25+/-22,27	14,8	98,8	<b>p = 0,000***</b>
Lagerungsdauer der Eier in Tagen					
0	110	50,21+/-16,40	24,8	98,8	
2	115	50,15+/-18,16	22	96,2	
4	99	40,23+/-13,07	14,8	70,8	<b>p = 0,000***</b>
Geschlecht					
1	71	52,02+/-16,06	28,2	98,8	
2	57	51,50+/-16,81	28,6	93,0	p = 0,115 n. s
Regressionskoeffizient für das Eigewicht frisch	324	0,417			<b>p = 0,001***</b>

Direkt nach der Halothanbehandlung zeigten auch hier die Embryonen, die bei 38,5 °C bebrütet wurden, die höchste Atmungsaktivität. Sie lag 5,0 % über dem Sauerstoffverbrauch, der bei Normaltemperatur gemessen wurde. Ähnlich wie bei der Messung vor der Halothanbehandlung war diese Differenz jedoch nicht signifikant.

Die Atmungsintensität bei 36,5 °C war im Vergleich zum Verbrauch bei Normaltemperatur um 8,2 % geringer und unterschied sich davon somit höchstsignifikant (siehe Tab. 12).

Tendenziell entsprachen die Unterschiede der Atmungsintensitäten unter den verschiedenen Brutbedingungen vor und direkt nach der Halothanbehandlung einander, deutlicher hervorheben ließen sie sich durch den Einsatz des Halothans jedoch nicht.



Tab. 13: Unterschiede zwischen den embryonalen Atmungsaktivitäten bei verschiedenen Bruttemperaturen am 26. Bruttage direkt nach der Halothanbehandlung

Brutvariante	n	O <sub>2</sub> -Verbrauch in ml/ h u. Ei			
		geschätzte Randmittel	Standardfehler	Brutvariante	Signifikanz
38,5 °C + Halothan	106	51,61	1,17	37,5 °C + Halothan	0,123 n. s.
				36,5 °C + Halothan	<b>0,000***</b>
37,5 °C + Halothan	111	49,14	1,15	38,5 °C + Halothan	0,132 n. s.
				36,5 °C + Halothan	<b>0,013*</b>
36,5 °C + Halothan	107	45,13	1,23	38,5 °C + Halothan	<b>0,000***</b>
				37,5 °C + Halothan	<b>0,013*</b>

#### 4.3.2.3 Die embryonale Atmung 10 Minuten nach der Halothaneinwirkung

Die systematischen Einflussfaktoren, die 10 Minuten nach der Halothaneinwirkung die Atmungsintensität beeinflussten, entsprachen annähernd denen, die bei der Messung direkt nach der Halothanbehandlung bestimmt werden konnten (siehe Tab. 14).

Tab. 14: Einflussfaktoren auf die embryonale Atmung am 26. Bruttage 10 Minuten nach der Halothanbehandlung

Faktor	n	O <sub>2</sub> -Verbrauch in ml/ h u. Ei			
		Mittelwert u. Standardabweichung	Minimum	Maximum	Signifikanz
Durchgang					
1	163	58,57+/-19,59	22,2	99,8	
2	161	46,94+/-12,41	17,2	78,2	<b>p = 0,000***</b>
Brutvarianten					
38,5 °C + Halothan	107	56,10+/-16,97	28,0	99,8	
37,5 °C + Halothan	111	53,00+/-18,57	22,2	99,8	
36,5 °C + Halothan	106	49,06+/-15,88	17,2	92	<b>p = 0,000***</b>
Messsystem					
1	81	65,35+/-15,40	32	98,8	
2	81	39,66+/-8,33	17,2	57,2	
3	81	51,81+/-9,06	28,0	72,4	
4	81	54,51+/-22,24	18,4	99,8	<b>p = 0,000***</b>
Lagerungsdauer der Eier in Tagen					
0	110	56,15+/-16,78	28,0	99,8	
2	115	56,74+/-18,87	28,2	99,8	
4	99	45,01+/-13,82	17,2	75,8	<b>p = 0,000***</b>
Geschlecht					
1	71	56,95+/-16,51	29,8	99,8	
2	57	58,04+/-17,84	34,2	98,6	p = 0,365 n. s.
Regressionskoeffizient für das Eigewicht frisch	324	0,423			<b>p = 0,001***</b>

Nach einer 10-minütigen Wartezeit wurden die Atmungsaktivitäten der mit Halothan behandelten Embryonen erneut bestimmt, um zu sehen, ob bei verschiedenen Bruttemperaturen Unterschiede in der Fähigkeit bestehen, sich nach der Belastung durch das Inhalationsnarkotikum zu erholen.

Hierbei unterschieden sich die Atmungsaktivitäten der Embryonen, die bei 38,5 °C bzw. bei 36,5 °C bebrütet wurden, höchstsignifikant bzw. nicht signifikant von denen der Embryonen, die bei Normaltemperatur inkubiert wurden, so dass wie bei der Messung direkt nach der Halothaneinwirkung die Unterschiede zwischen den Sauerstoffverbrauchswerten bei den verschiedenen Bruttemperaturen durch die Halothanbehandlung nicht deutlicher zu erkennen waren (siehe Tab 15).

Die Sauerstoffverbrauchswerte bei 38,5 °C lagen um 6,0 % über den Werten bei Normaltemperatur, bei 36,5 °C wurde ein im Vergleich zu den Werten bei Normaltemperatur um 5,8 % niedrigerer Verbrauch bestimmt.

Tab. 15: Unterschiede zwischen den embryonalen Atmungsaktivitäten bei verschiedenen Bruttemperaturen am 26. Bruttage 10 Minuten nach der Halothanbehandlung

Brutvariante	n	O <sub>2</sub> -Verbrauch in ml/ h u. Ei			
		geschätzte Randmittel	Standardfehler	Brutvariante	Signifikanz
38,5 °C+ Halothan	106	57,48	1,19	37,5 °C + Halothan	<b>0,046*</b>
				36,5 °C + Halothan	<b>0,000***</b>
37,5 °C+ Halothan	111	54,24	1,20	38,5 °C + Halothan	<b>0,046*</b>
				36,5 °C + Halothan	0,051 n. s.
36,5 °C+ Halothan	107	51,07	1,24	38,5 °C + Halothan	<b>0,000***</b>
				37,5 °C + Halothan	0,051 n. s.

#### 4.3.2.4 Änderungen der embryonalen Atmungsaktivität durch die Halothaneinwirkung

Direkt nach der Einwirkung des Inhalationsnarkotikums zeigten die Embryonen, die bei 38,5 °C bebrütet wurden, mit einem Abfall des Sauerstoffverbrauchs um 19,9 % die größte Änderung, während bei einer Bruttemperatur von 37,5 °C die Atmungsintensität um 19,77 % und bei 36,5 °C um 19,7 zurückging. Signifikante Unterschiede konnten in diesem Zusammenhang jedoch nicht bestimmt werden (siehe Tab. 16).

Nach einer 10 minütigen Erholungsphase wurden die Atmungsaktivitäten erneut bestimmt. Hierbei zeigte sich, dass die bei Normaltemperatur bebrüteten Eier mit einer relativen Änderung von 14,2 % die höchsten Erholungsraten aufwiesen, während bei den mit 36,5 °C bebrüteten Eiern der Sauerstoffverbrauch die geringsten Zunahmen zeigte. Hier erhöhte sich

der O<sub>2</sub>-Verbrauch um 11,3 %. Die Erholungsfähigkeit der Embryonen der Gruppe 1 war dabei im Vergleich zu den anderen Gruppen hochsignifikant geringer (siehe Tab. 16).

Bei dem Vergleich der O<sub>2</sub>-Verbrauchswerte vor der Halothaneinwirkung und der Werte nach der Erholungsphase wurde für die bei 37,5 °C inkubierten Eier mit 9,4 % die geringste Reduktion der Atmungsaktivität festgestellt. Die Embryonen der Gruppe 1 zeigten hingegen mit einer Verringerung des Sauerstoffverbrauchs um 11,6 % die stärkste Reaktion (siehe Tab. 9). Statistisch absichern ließen sich diese Unterschiede allerdings nicht.

Daraus geht hervor, dass mit 36,5 °C bebrütete Eier bei Halothaneinwirkung im Vergleich zu den bei 38,5 °C bzw. 37,5 °C inkubierten Eiern die geringste Reduktion des O<sub>2</sub>-Verbrauchs zeigen, sich aber nach der Behandlung in geringerem Maße als die Eier der anderen Temperaturgruppen wieder erholen. Die Embryonen der Gruppe 2 (37,5 °C) zeigten dagegen das stärkste Erholungsvermögen, woraus sich dann auch die geringste Änderung des Sauerstoffverbrauchs in dem Zeitraum vor Beginn bis 10 Minuten nach der Halothanbehandlung ergibt (siehe Abb. 12).

Tab. 16: Änderungen der embryonalen Atmungsaktivität durch die Halothaneinwirkung

Faktor	n	O <sub>2</sub> -Verbrauch // Änderungen in ml/ h u. Ei geschätzte Randmittel und Standardfehler	Änderungen (%)	Signifikanzniveaus
1 / Δ 1-2				
38,5 °C	107	64,43/ 1,37 // 12,83/ 0,61	19,91 %	38,5 °C/ 36,5 °C = 0,350
37,5 °C	110	61,24/ 1,38 // 12,11/ 0,62	19,77 %	38,5 °C/ 37,5 °C = 0,383
36,5 °C	106	56,19/ 1,43 // 11,07/ 0,64	19,70 %	37,5 °C/ 36,5 °C = 0,212
2 / Δ 2-3				
38,5 °C	107	51,61/ 1,17 // 6,95/ 0,56	13,47 %	38,5 °C/ 36,5 °C = <b>0,017**</b>
37,5 °C	110	49,14/ 1,18 // 7,00/ 0,56	14,24 %	38,5 °C/ 37,5 °C = 0,945
36,5 °C	106	45,13/ 1,23 // 5,12/ 0,58	11,34 %	37,5 °C/ 36,5 °C = <b>0,014**</b>
3 / Δ 1-3				
38,5 °C	107	57,48/ 1,19 // 5,88/ 0,33	10,22 %	38,5 °C/ 36,5 °C = 0,888
37,5 °C	110	54,24/ 1,20 // 5,10/ 0,33	9,40 %	38,5 °C/ 37,5 °C = 0,084
36,5 °C	106	51,07/ 1,24 // 5,94/ 0,35	11,63 %	37,5 °C/ 36,5 °C = 0,063

1 = O<sub>2</sub>-Verbrauch in ml/ h/ Ei am 26. Brutttag vor der Halothanbehandlung

2 = O<sub>2</sub>-Verbrauch in ml/ h/ Ei am 26. Brutttag vor direkt nach der Halothanbehandlung

3 = O<sub>2</sub>-Verbrauch in ml/ h/ Ei am 26. Brutttag 10 Minuten nach der Halothanbehandlung

Δ 1-2 = Änderung des O<sub>2</sub>-Verbrauchs vom Zeitpunkt 1 zu 2

Δ 2-3 = Änderung des O<sub>2</sub>-Verbrauchs vom Zeitpunkt 2 zu 3

Δ 1-3 = Änderung des O<sub>2</sub>-Verbrauchs vom Zeitpunkt 1 zu 3

In Abbildung 12 werden die Änderungen der Atmungsintensität vor und nach der Halothaneinwirkung graphisch dargestellt.

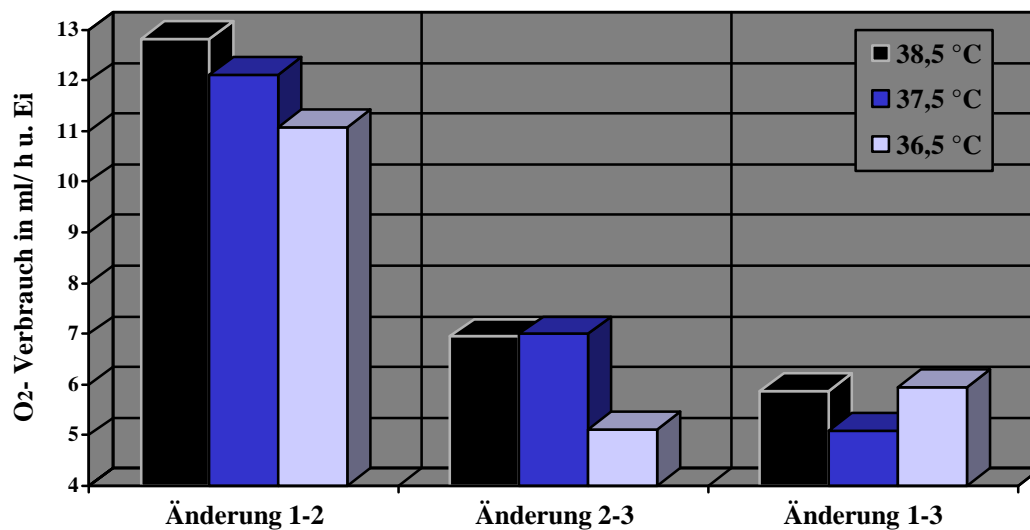


Abb. 12: Darstellung der geschätzten Randmittel der Änderungen des Sauerstoffverbrauchs durch Halothaneinwirkung

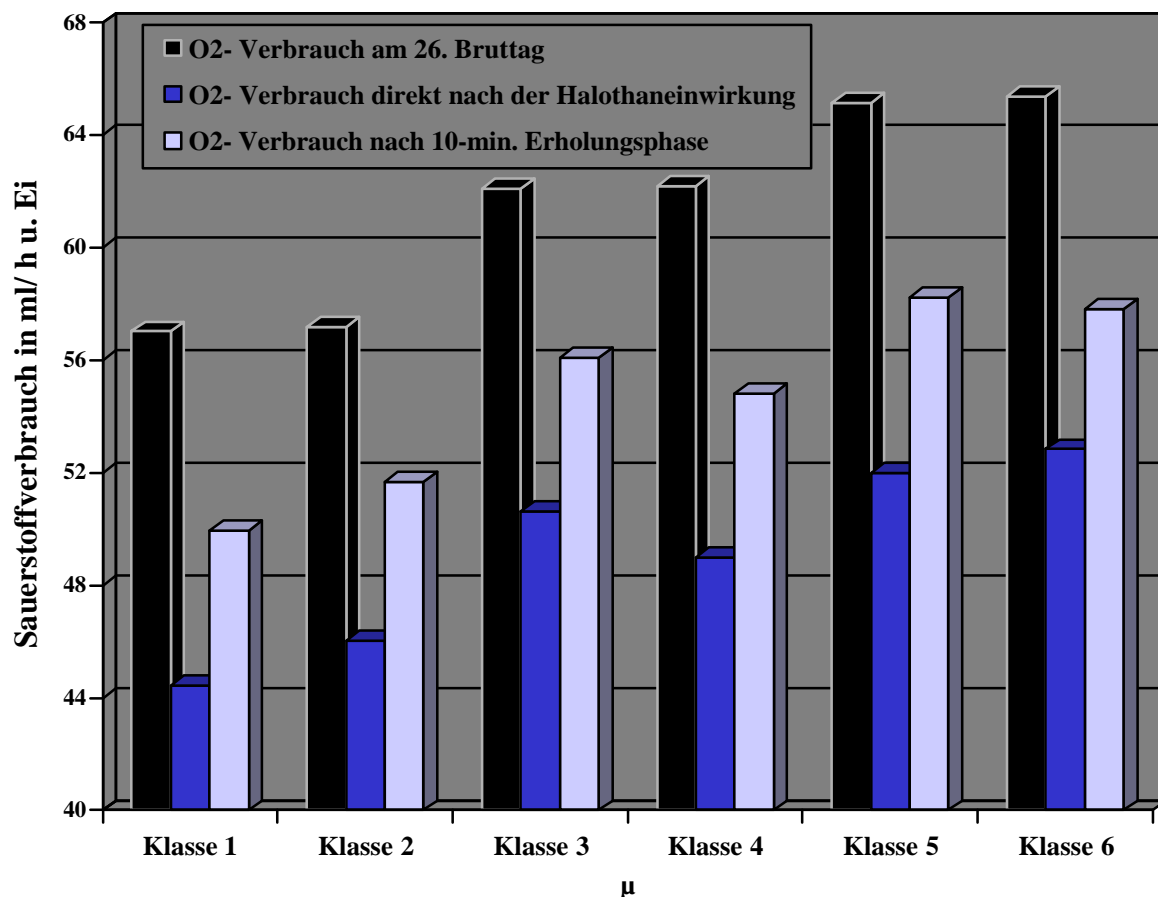
#### 4.3.3 Embryonaler Sauerstoffverbrauch in Abhängigkeit vom Frischeigewicht unter besonderer Berücksichtigung der Halothanbehandlung

Wie u.a. in Tabelle 4 schon dargestellt, hatte das Frischeigewicht einen hoch- bis höchstsignifikanten Einfluss auf die embryonale Atmungsintensität. Um zu zeigen, wie sich der embryonale Sauerstoffverbrauch in Verbindung mit dem Frischeigewicht insbesondere unter Halothaneinwirkung verhält, wurden die erfassten Gewichte in 6 Rangklassen eingeteilt. Die Spannweite zwischen dem Minimum und dem Maximum der einzelnen Klassen entspricht dabei etwa einer Standardabweichung vom mittleren Frischeigewicht der Probanden ( $\mu = 83,99$  g). Die gesamte Streubreite über alle Klassen hinweg erstreckt sich zwischen dem minimalen und dem maximalen Frischeigewicht der Population (siehe Abb. 13). Nachfolgend werden die nach dem unter Punkt 3 dargestellten Modell geschätzten Randmittel der Atmungsaktivität am 26. Brutttag vor der Halothanbehandlung, direkt im Anschluss daran, sowie die geschätzten Randmittel für den Sauerstoffverbrauch nach einer 10-minütigen Erholungsphase im Zusammenhang mit dem jeweiligen Eigewicht gezeigt (siehe Abb. 13).

Am 26. Brutttag konnten signifikante bis höchstsignifikante Unterschiede zwischen den Atmungsaktivitäten in den einzelnen Gewichtsklassen bestimmt werden. Wie in der Abb. 13

zu sehen, wurden jeweils bei den Klassen 1 und 2, 3 und 4 sowie den Klassen 5 und 6 nahezu identische Atmungsaktivitäten vor der Behandlung gemessen. Dabei nimmt der Sauerstoffverbrauch mit zunehmenden Frischeigewichten linear zu. Bei dem Vergleich der Atmungsintensitäten in den Rangklassen 1 und 2 sowie den Klassen 5 und 6 ergaben sich Steigerungsraten von 14,7 %.

Direkt nach der Behandlung mit dem Inhalationsnarkotikum sowie nach einer 10-minütigen Erholungsphase stieg der O<sub>2</sub>-Verbrauch bis zum Erreichen des Populationsmittels (Klasse 1-3) ebenfalls linear an, ging dann zurück, um direkt nach der Behandlung erneut von Klasse 4-6 anzusteigen. Nach der 10-minütigen Erholungsphase nahm die Atmungsaktivität dagegen nur bis zur Klasse 5 zu, während bei den schwersten Bruteiern (Klasse 6) die Atmungsaktivität im Vergleich dazu leicht zurückging.



Klasse 1 = 70,78-75,65 g

Klasse 2 = 75,66-80,53 g

Klasse 3 = 80,54-85,41 g

Klasse 4 = 85,42-90,29 g

Klasse 5 = 90,30-95,17 g

Klasse 6 = 95,18-100,05 g

$\mu = 83,99$  g

Abb. 13: O<sub>2</sub>-Verbrauch am 26. Bruttag in Verbindung mit dem Frischeigewicht unter besonderer Berücksichtigung der Halothanbehandlung

#### 4.3.4 Sauerstoffverbrauch in Verbindung mit Geschlecht und Schlupffähigkeit

Das Geschlecht hatte, wie u. a. in der Tabelle 8 schon gezeigt, einen höchstsignifikanten Einfluss auf die Atmungsintensität. Im Folgenden wird dargestellt, inwieweit über die Höhe der Atmungsaktivität der Embryonen am 25. Bruttag Rückschlüsse auf das Geschlecht bzw. auf die Schlupffähigkeit bei variierenden Brutbedingungen gezogen werden können.

Bei einer Bruttemperatur von 38,5 °C zeigten die Bruteier, aus denen später keine Küken schlüpften, die geringsten Atmungsaktivitäten. Der Sauerstoffverbrauch war hier gegenüber den Bruteiern mit weiblichen Embryonen um 6,3 % bzw. gegenüber den Bruteiern mit männlichen Probanden um 23,1 % geringer (siehe Tab. 17 u. 18 u. Abb. 14). Insgesamt lagen die Verbrauchswerte der schlupffähigen Probanden bei einer Bruttemperatur von 38,5 °C um 15,7 % über den Werten der nicht schlupffähigen. In ähnlicher Weise unterschieden sich die Atmungsintensitäten bei den unter Normaltemperatur (37,5 °C) inkubierten Eiern. Hier lagen die Werte der schlupffähigen Probanden im Vergleich zu den nicht schlupffähigen um 15,1 % höher. Der Sauerstoffverbrauch der weiblichen Embryonen war hier jedoch nur um 4,0 % höher, während die Atmungsintensität der männlichen ähnlich wie bei einer Bruttemperatur von 38,5 °C um 24,5 % über den Verbrauchsraten der nicht schlupffähigen Probanden lag. Die deutlichsten Differenzen traten in diesem Zusammenhang bei 36,5 °C inkubierten Embryonen auf. Die schlupffähigen Probanden verbrauchten hier im Vergleich zu den nicht schlupffähigen 22,3 % mehr Sauerstoff. Weibliche Embryonen veratmeten dabei eine um 18,3 % und die männlichen eine um 28,9 % höhere Menge an Sauerstoff. Unabhängig von der Bruttemperatur wurde von nicht schlupffähigen Embryonen im Vergleich zu den schlupffähigen durchschnittlich 18,5 % weniger Sauerstoff veratmet. Die Atmungsintensitäten der weiblichen Probanden lagen dabei um 9,6 % und die der männlichen um 26,7 % über den Verbrauchswerten der nicht schlupffähigen (siehe Abb. 14).

Mit Hilfe einer univariaten Varianzanalyse wurde untersucht, inwieweit diese dargestellten Unterschiede statistisch signifikant waren (siehe Tab. 18). Dabei ergaben sich signifikante bis höchstsignifikante Unterschiede zwischen dem O<sub>2</sub>-Verbrauch der männlichen und weiblichen Probanden. Nicht signifikant waren dagegen die ermittelten Unterschiede zwischen den schlupffähigen weiblichen Enten und nicht schlupffähigen Probanden der Gruppen 2 und 3, während sich bei der Gruppe 1 signifikante Differenzen ergaben (siehe Tab. 18). Daraus ergäbe sich die Möglichkeit, anhand der am 25. Bruttag bestimmten Atmungsaktivitäten Rückschlüsse auf das Geschlecht bzw. bei einer Vorbruttemperatur von 36,5 °C auch auf die Schlupffähigkeit ziehen zu können.

Tab. 17: Schlupffähigkeit und Geschlecht in Abhängigkeit vom O<sub>2</sub>-Verbrauch am 25. Bruttag bei verschiedenen Bruttemperaturen

Temperatur	O <sub>2</sub> -Verbrauch in ml/ h u. Ei (geschätzte Randmittel /Standardfehler)							
	nicht geschlüpft	n	geschlüpft weiblich	n	geschlüpft männlich	n	geschlüpft gesamt	n
38,5 °C	54,00/ 1,28	127	57,44/ 1,70	40	67,03/ 1,43	53	62,25/ 1,54	99
37,5 °C	51,93/ 2,66	151	52,16/ 2,14	36	64,80/ 1,85	44	57,90/ 2,17	87
36,5 °C	45,38/ 0,87	149	52,74/ 1,69	33	59,89/ 2,41	37	53,99/ 1,51	74
gesamt	49,95/ 2,40	413	54,71/ 0,97	109	63,49/ 0,96	134	57,51/ 0,89	260

Tab. 18: Unterschiede zwischen den embryonalen Atmungsaktivitäten in Bezug auf das Geschlecht und die Schlupffähigkeit bei variierenden Brutbedingungen

Temperatur	Signifikanzniveaus			
	38,5 °C	37,5 °C	36,5 °C	gesamt
geschlüpft/ nicht geschlüpft	<b>p = 0,000***</b>	<b>p = 0,000***</b>	<b>p = 0,000***</b>	<b>p = 0,000***</b>
Geschlecht	<b>p = 0,000***</b>	<b>p = 0,000***</b>	<b>p = 0,000***</b>	<b>p = 0,000***</b>
nicht geschlüpft/ geschlüpft weiblich	p = 0,129 n. s.	p = 0,355 n. s.	<b>p = 0,034*</b>	<b>p = 0,000***</b>
nicht geschlüpft/ geschlüpft männlich	<b>p = 0,000***</b>	<b>p = 0,000***</b>	<b>p = 0,000***</b>	<b>p = 0,000***</b>

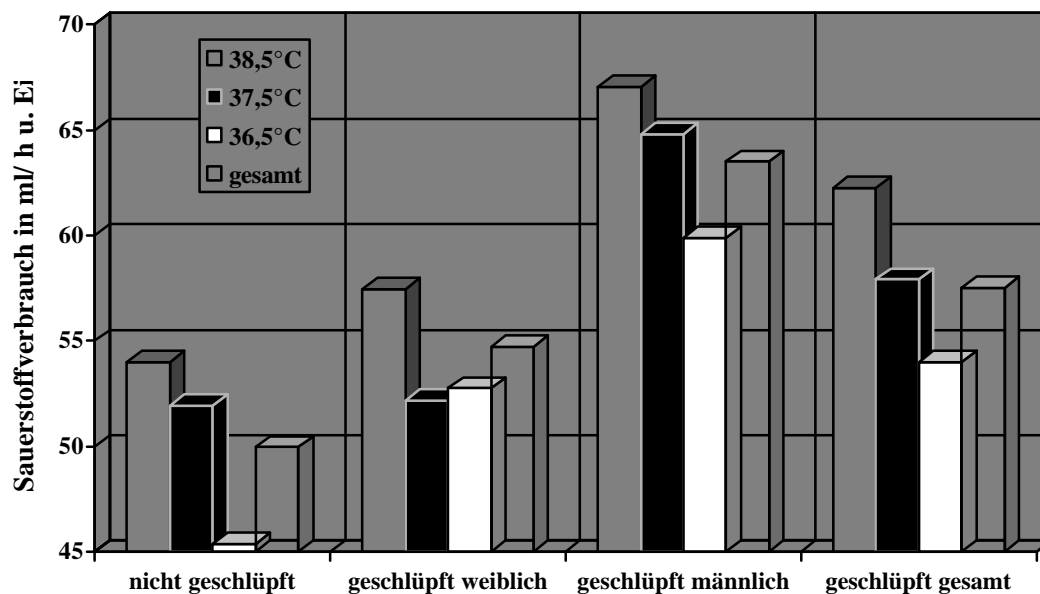
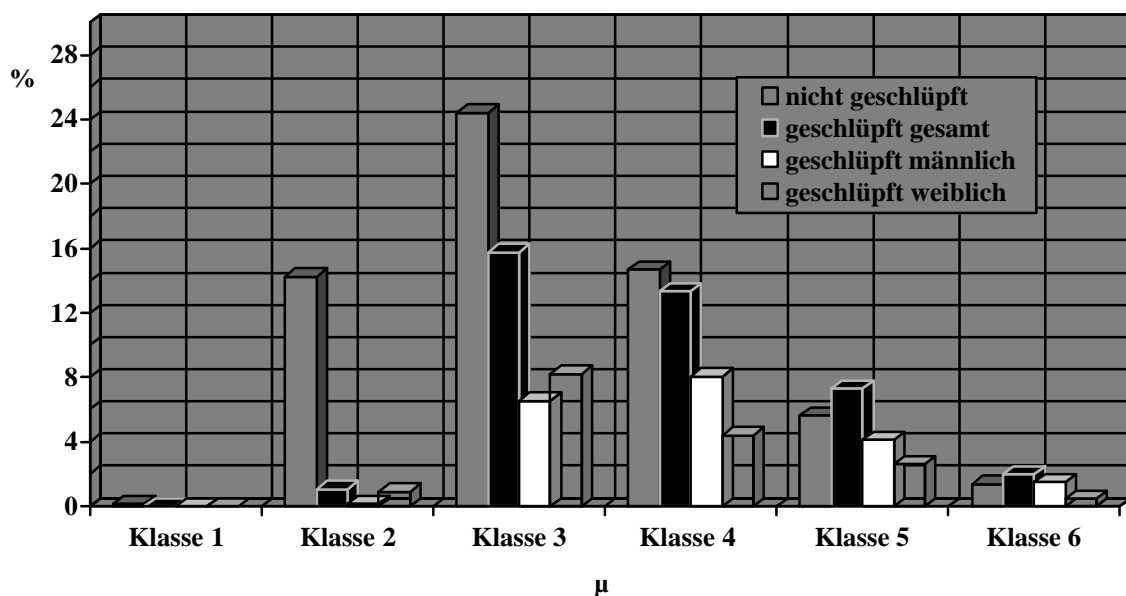


Abb. 14: Sauerstoffverbrauch in Abhängigkeit von Schlupf und Geschlecht bei variierenden Bruttemperaturen

Um die prozentuale Verteilung von nicht schlupffähigen bzw. schlupffähigen männlichen und weiblichen Enten bei bestimmten Atmungsaktivitäten darzustellen, wurde der Sauerstoffverbrauch aller gemessenen Bruteier in 6 Rangklassen eingeteilt, wobei die Spannweite zwischen dem Minimum und dem Maximum der jeweiligen Klasse etwa einer Standardabweichung ( $SD = 16,61$ ) vom mittleren Sauerstoffverbrauch der Probanden ( $\mu = 54,18$ ) entspricht und sich die gesamte Streubreite aller Klassen zwischen den beiden

Extremwerten erstreckt (siehe Abb. 15). Mit zunehmenden Sauerstoffverbrauchswerten nahm die Zahl der nicht schlupffähigen Embryonen kontinuierlich ab. Während in der Klasse 1 noch 100 % der Probanden nicht schlupffähig waren, verringerte sich dieser Anteil mit zunehmender Atmungsintensität. Bis zur Klasse 3 überwog mit 61 % noch deutlich die Zahl nicht schlupffähiger Embryonen. In der Klasse 4 mit Sauerstoffverbrauchswerten über dem Gesamtmittel ( $\mu = 54,18$ ) war das Verhältnis von 52 % nicht schlupffähigen zu 48 % schlupffähigen Küken nahezu ausgeglichen. In den Klassen 5 und 6 mit den höchsten  $O_2$ -Verbrauchswerten überwog dann jeweils mit 56 % bzw. 59 % der Anteil schlupffähiger Probanden.

Die Verteilung der Geschlechter in den einzelnen Rangklassen war wie folgt: Bei einer Atmungsintensität unterhalb des mittleren Sauerstoffverbrauchs ( $\mu = 54,18$ ) schlüpften deutlich mehr weibliche Küken, wohingegen bei Atmungsaktivitäten über dem Mittel mehr männliche Probanden schlüpften. Während in der Klasse 2 noch 86 % der geschlüpften Küken weiblich waren, waren es in der Klasse 6 nur noch 23 %. In den Klassen mit den höchsten Probandenzahlen betrug der Anteil weiblicher Küken in der Klasse 3 mit einem Sauerstoffverbrauch unter dem Gesamtmittel 56 %. In der Klasse 4 mit Sauerstoffverbrauchswerten über dem Mittel überwog dagegen mit 65 % der Anteil männlicher Küken.



Klasse 1 = 4,32-20,93 ml/ h  
 Klasse 3 = 37,56-54,17 ml/ h  
 Klasse 5 = 70,82-87,43 ml/ h  
 $\mu = 54,18$ ; SD = 16,61

Klasse 2 = 20,94-37,55 ml/ h  
 Klasse 4 = 54,18-70,81 ml/ h  
 Klasse 6 = 87,44-104,03 ml/ h  
 n gesamt = 659

Abb. 15:  $O_2$ -Verbrauch am 25. Brutttag eingeteilt in Rangklassen unter Berücksichtigung des Geschlechts und der Schlupffähigkeit



#### **4.4 Entwicklung der Lebendmasse**

Die Gewichte der Versuchstiere wurden über den gesamten Versuchszeitraum im Abstand von jeweils zwei Wochen erfasst. Die gemessenen Werte wurden um den Effekt des Durchgangs bzw. des Standortes korrigiert.

Um den Verlauf der Gewichtsentwicklung in Abhängigkeit von der Vorbruttemperatur bzw. von der Halothanbehandlung zeigen zu können, wurden mit Hilfe der gemessenen Werte mittels logistischer und quadratischer Funktionen die entsprechenden Verlaufskurven bei den jeweiligen Vorbrutbedingungen nach Geschlechtern getrennt errechnet und anschließend graphisch dargestellt (siehe Abb. 16-19).

##### **4.4.1 Gewichtsentwicklung der Enten unter Berücksichtigung der Vorbruttemperatur**

Die Beschreibung der Lebendmasseentwicklung der Tiere aus den einzelnen Temperaturgruppen erfolgt aufgrund des bei den Flugenten deutlich auftretenden Geschlechtsdimorphismus für die männlichen und weiblichen Tiere separat.

Bei den männlichen Tieren zeigten die Probanden der Temperaturgruppe 1 (36,5 °C) die höchsten Schlupfgewichte. Statistisch signifikant waren die hier errechneten Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen jedoch nicht (siehe Tab. 20). Hoch- bis höchstsignifikante Differenzen ergaben sich dann allerdings in den nachfolgenden Gewichtsabschnitten zwischen der Gruppe 1 und den Gruppen 2 (37,5 °C) und 3 (38,5 °C). Zu Beginn der Mast blieben die männlichen Enten der Gruppe 1 bezüglich der Gewichtsentwicklung deutlich hinter den Tieren anderen Gruppen zurück (siehe Tab. 19). Im weiteren Verlauf der Mast konnten diese Probanden dann durch kompensatorisches Wachstum diesen Rückstand aufholen, und zum Mastende wurden von den männlichen Tieren dieser Temperaturgruppe die höchsten Mastendgewichte erreicht. Diese unterschieden sich dabei hochsignifikant von den Gewichten der Gruppe 3. Die männlichen Tiere dieser Gruppe zeigten zunächst die stärkste Gewichtsentwicklung, blieben dann aber mit zunehmender Mastdauer hinter den Gewichten der Gruppen 1 und 2 zurück und zeigten im Vergleich zu diesen Gruppen signifikant bis hochsignifikant geringere Gewichte.

Bei den weiblichen Probanden ergaben sich ähnliche Ergebnisse. Auch hier blieben die Tiere der Gruppe 1 zunächst hinter den Enten der übrigen Gruppen zurück, dieser Rückstand wurde dann jedoch mit zunehmender Mastdauer kompensiert, so dass zum Mastende die höchsten Gewichte bei den Probanden der Gruppe 1 gemessen wurden. Die bestimmten Werte dieser Gruppe unterschieden sich dabei signifikant von den Werten der Gruppe 2.

Auffällig war, dass die Gewichtsentwicklung der bei Optimaltemperatur inkubierten Tiere sich nicht deutlich positiv von den Lebensmassezuwächsen der beiden anderen Gruppen abhob.

Tab. 19: Darstellung der Gewichtsentwicklung der Enten bei verschiedenen Bruttemperaturen

Vorbrutbedingung	Gewichte (g) (LSQ/ SE)				
	n	Schlupfgewicht	Gew. 2. Woche	Gew. 4. Woche	Gew. 6. Woche
Temp. 36,5 °C					
männlich	17	51,16/ 1,28	191,36/ 21,01	980,74/ 50,05	1603,46/ 55,68
weiblich	18	49,14/ 0,91	195,49/ 14,24	790,86/ 29,22	1211,63/ 37,39
Temp. 37,5 °C					
männlich	21	50,59/ 0,95	331,25/ 17,52	1296,20/ 41,75	1853,29/ 46,44
weiblich	16	50,92/ 1,02	279,72/ 15,60	976,01/ 32,01	1327,84/ 40,95
Temp. 38,5 °C					
männlich	26	50,69/ 0,69	317,98/ 15,11	1291,06/ 36,00	1932,24/ 40,04
weiblich	19	51,11/ 0,76	252,89/ 13,66	922,85/ 28,04	1319,37/ 35,87
Merkmal	n	Gew. 8. Woche	Gew. 10. Woche	Gew. 12. Woche	Gew. 14. Woche
Temp. 36,5 °C					
männlich	17	2971,52/ 83,05	3872,34/ 97,21	4753,56/ 95,05	5151,78/ 102,87
weiblich	18	2109,90/ 53,12	2464,34/ 55,33	2949,11/ 71,40	3061,98/ 72,66
Temp. 37,5 °C					
männlich	21	3069,58/ 69,27	3951,37/ 81,08	4830,66/ 79,28	5101,76/ 85,80
weiblich	16	2145,38/ 58,19	2519,32/ 60,61	2754,74/ 78,21	2861,01/ 79,60
Temp. 38,5 °C					
männlich	26	3289,57/ 59,73	4088,10/ 69,91	4807,60/ 68,36	5060,88/ 73,98
weiblich	19	2076,42/ 50,98	2381,12/ 53,09	2786,85/ 68,51	2916,17/ 69,72

Tab. 20: Signifikanzniveaus zu den Einflüssen der Vorbruttemperaturen auf die Gewichtsentwicklung der Enten

Merkmal	Signifikanzniveaus			
	Schlupfgewicht	Gew. 2. Woche	Gew. 4. Woche	Gew. 6. Woche
Vorbruttemperatur				
36,5°/ 37,5° männlich	p = 0,725	<b>p = 0,000***</b>	<b>p = 0,000***</b>	<b>p = 0,001**</b>
36,5°/ 38,5° männlich	p = 0,749	<b>p = 0,000***</b>	<b>p = 0,000***</b>	<b>p = 0,000***</b>
37,5°/ 38,5° männlich	p = 0,932	p = 0,561	p = 0,925	p = 0,195
36,5°/ 37,5° weiblich	p = 0,200	<b>p = 0,000***</b>	<b>p = 0,000***</b>	<b>p = 0,028*</b>
36,5°/ 38,5° weiblich	p = 0,105	<b>p = 0,005**</b>	<b>p = 0,002**</b>	<b>p = 0,042*</b>
37,5°/ 38,5° weiblich	p = 0,883	p = 0,204	p = 0,219	p = 0,878
Merkmal	Gew. 8. Woche	Gew. 10. Woche	Gew. 12. Woche	Gew. 14. Woche
Vorbruttemperatur				
36,5°/ 37,5° männlich	p = 0,336	p = 0,507	p = 0,508	p = 0,691
36,5°/ 38,5° männlich	<b>p = 0,002**</b>	p = 0,072	p = 0,640	p = 0,468
37,5°/ 38,5° männlich	<b>p = 0,017*</b>	p = 0,198	p = 0,823	p = 0,714
36,5°/ 37,5° weiblich	p = 0,628	p = 0,472	p = 0,053	<b>p = 0,050*</b>
36,5°/ 38,5° weiblich	p = 0,649	p = 0,28	p = 0,106	p = 0,152
37,5°/ 38,5° weiblich	p = 0,379	p = 0,094	p = 0,760	p = 0,606

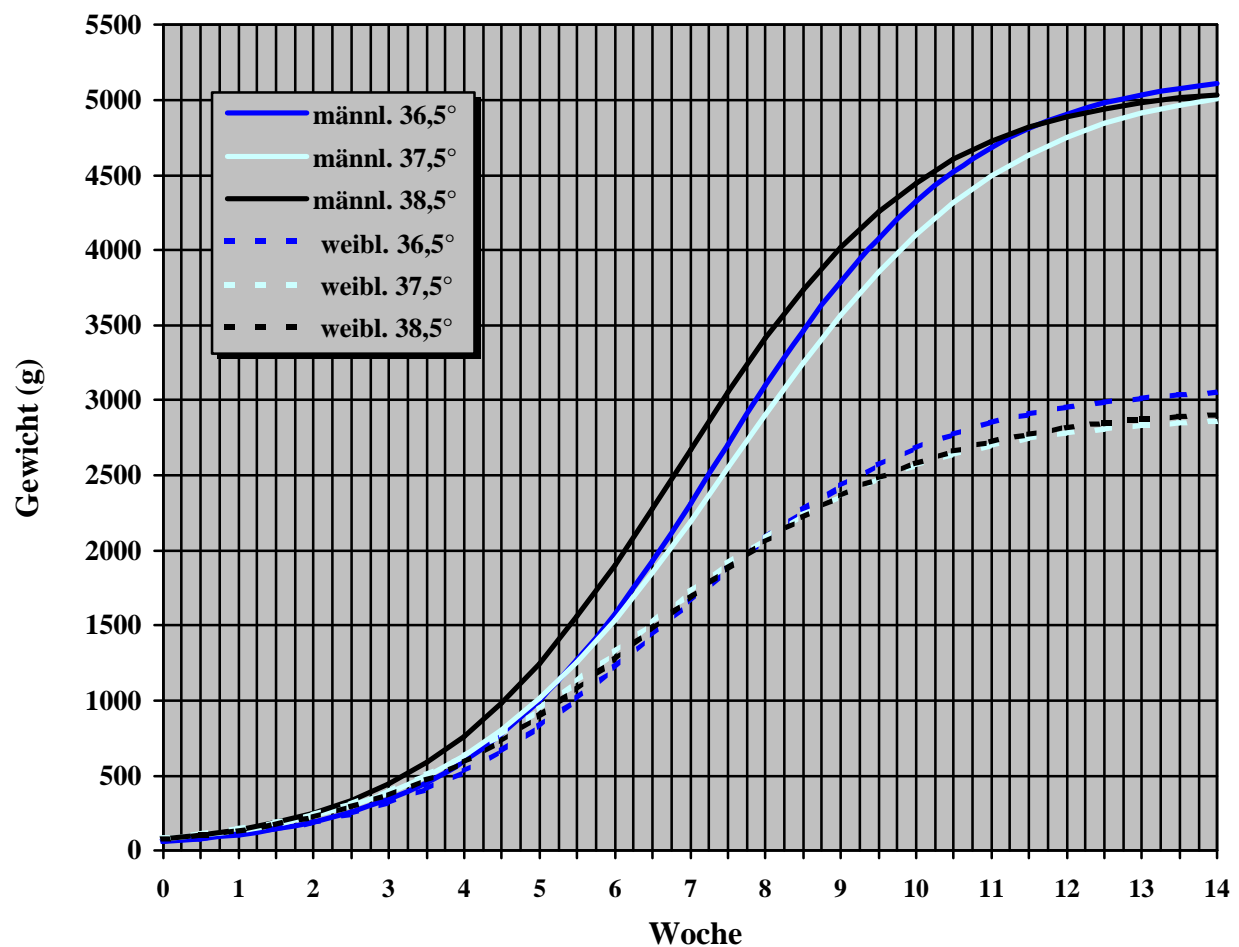


Abb. 16: Einfluss der Höhe der Vorbruttemperatur auf die Gewichtsentwicklung

#### 4.4.2 Lebendmassezuwachs der Enten unter Berücksichtigung der Halothanbehandlung

Die Behandlung mit dem Inhalationsnarkotikum führte bei den männlichen Probanden über die gesamte Mastperiode hinweg zu deutlichen Leistungseinbußen (siehe Abb. 17 u. 19), was sich von der 4. Woche an bis zum Mastende auch statistisch belegen ließ (siehe Tab. 22).

Bei den weiblichen Tieren ergaben sich dagegen erst ab der 12. Woche signifikante bis hochsignifikante Unterschiede zwischen den behandelten und unbehandelten Enten. Von der 4. bis zur 6. Woche wurden höhere Gewichte bei den behandelten Probanden bestimmt, was sich allerdings nicht statistisch belegen ließ. Nach der 8. Woche blieben die behandelten Tiere dann jedoch deutlich hinter den unbehandelten zurück (siehe Abb. 17 u. 19).

Tab. 21: Darstellung der Gewichtsentwicklung der Enten unter Berücksichtigung der Halothanbehandlung

Vorbrutbed u. Geschl.	Gewichte (g) (LSQ/ SE)				
	n	Schlupfgewicht	Gewicht 2. Woche	Gewicht 4. Woche	Gewicht 6. Woche
männlich					
Halothan ja	70	50,91/ 0,41	274,79/ 10,36	1145,77/ 24,68	1740,57/ 27,35
Halothan nein	64	51,18/ 0,45	290,93/ 11,52	1219,67/ 27,44	1830,62/ 30,41
weiblich					
Halothan ja	56	50,04/ 0,52	243,56/ 9,81	906,97/ 20,68	1327,39/ 22,79
Halothan nein	53	50,85/ 0,53	246,12/ 9,49	897,59/ 21,36	1295,61/ 28,43
Merkmal	n	Gewicht 8. Woche	Gewicht 10. Woche	Gewicht 12. Woche	Gewicht 14. Woche
männlich					
Halothan ja	70	3004,81/ 38,80	3767,87/ 39,84	4632,72/ 50,35	4879,99/ 53,49
Halothan nein	64	3152,65/ 43,13	3973,96/ 44,29	4783,07/ 55,97	5073,91/ 59,46
weiblich					
Halothan ja	56	2105,28/ 29,01	2390,14/ 30,15	2703,23/ 36,71	2791,95/ 36,81
Halothan nein	53	2126,16/ 29,96	2462,87/ 31,14	2834,68/ 37,91	2952,29/ 38,02

Tab. 22: Unterschiede zwischen der Gewichtsentwicklung der Enten unter Berücksichtigung der Halothanbehandlung

Merkmal	Signifikanzniveaus			
	Schlupfgewicht	Gewicht 2. Woche	Gewicht 4. Woche	Gewicht 6. Woche
Vorbrutbed. u. Geschlecht				
Halothan ja/ nein männlich	p = 0,600	p = 0,290	<b>p = 0,043*</b>	<b>p = 0,026*</b>
Halothan ja/ nein weiblich	p = 0,265	p = 0,846	p = 0,745	p = 0,294
Merkmal	Gew. 8. Woche	Gew. 10. Woche	Gew. 12. Woche	Gew. 14. Woche
Vorbrutbed. u. Geschlecht				
Halothan ja/ nein männlich	<b>p = 0,010**</b>	<b>p = 0,000***</b>	<b>p = 0,044*</b>	<b>p = 0,020*</b>
Halothan ja/ nein weiblich	p = 0,605	p = 0,075	<b>p = 0,011*</b>	<b>p = 0,002**</b>

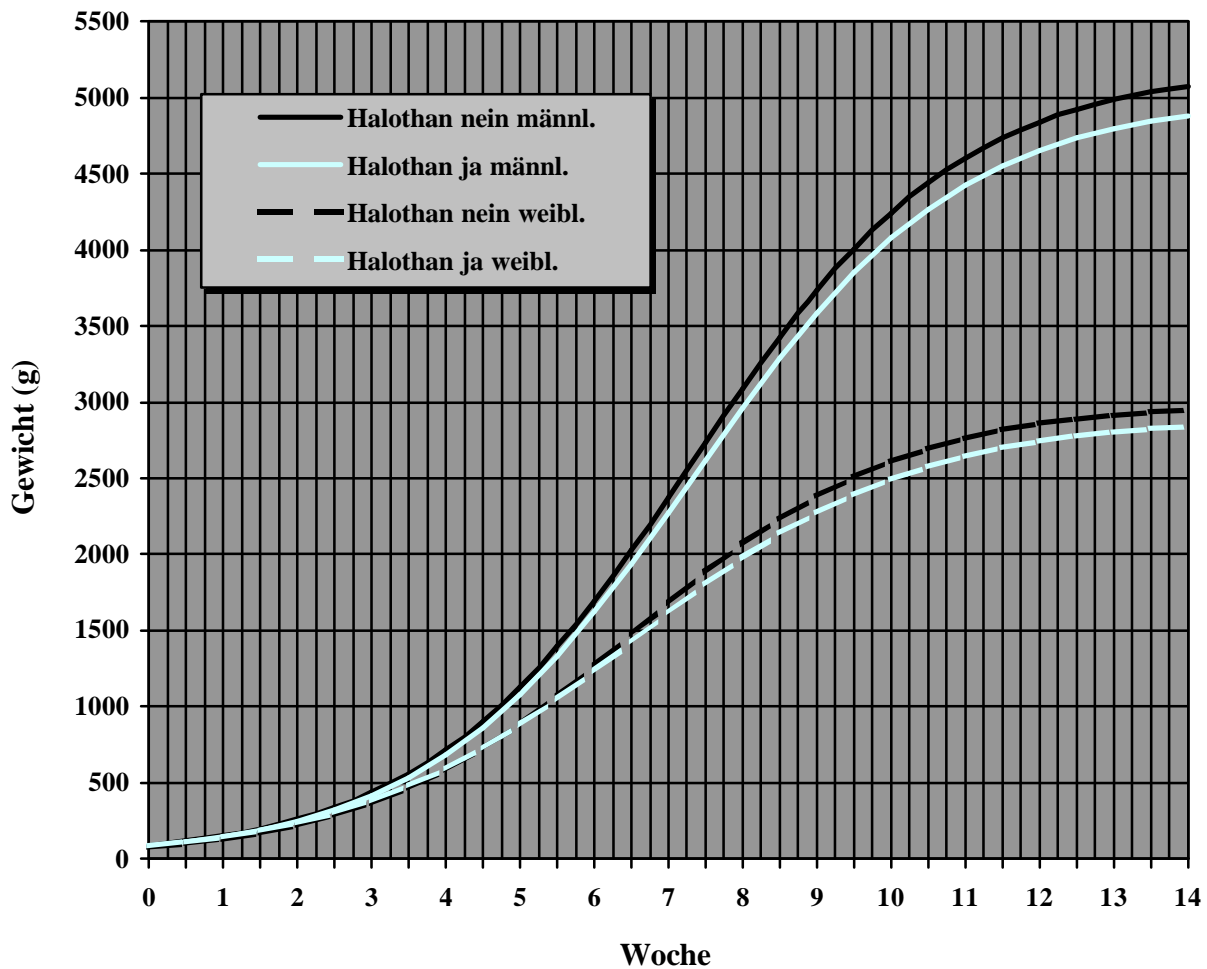


Abb. 17: Einfluss der Halothanbehandlung auf die Gewichtsentwicklung

#### 4.4.3 Entwicklung der täglichen Zunahmen

Die täglichen Zunahmen wurden aus den Lebendmassezuwächsen zwischen den einzelnen Wiegeterminen errechnet. Aus diesen Werten konnten dann analog zu den Lebendmassezuwächsen die entsprechenden Verlaufskurven konstruiert werden.

Bei der Betrachtung der täglichen Zunahmen fiel auf, dass diese unabhängig von den Vorbrutbedingungen zwischen der 4. und 6. Woche stark einbrachen.

#### 4.4.3.1 Tägliche Zunahmen in Abhängigkeit von der Vorbruttemperatur

Für die jeweiligen Kurven zu den Zunahmen bei den einzelnen Vorbruttemperaturen wurden die Zeitpunkte bestimmt, an denen die maximalen täglichen Gewichtszuwächse zu messen waren. Daraus ergab sich, dass bei den männlichen Enten der Gruppen 2 und 3 die maximalen Zunahmen schon am Anfang der 8. Lebenswoche (maximale Zunahme bei 7,3 Wochen) erreicht wurden, während die männlichen Tiere der Gruppe 1 erst zum Ende der 8. Woche (maximale Zunahme bei 7,8 Wochen) die höchsten Zuwächse aufwiesen (siehe Tab. 23).

Bei den weiblichen Tieren wurden die höchsten Zunahmen zu Beginn und zum Ende der 7. Lebenswoche bestimmt. Die Tiere der Gruppe 2 erreichten dabei zuerst die maximalen Zunahmen (maximale Zunahme bei 6,2 Wochen). Wie bei den männlichen Probanden auch wurden die maximalen Zunahmen zuletzt von den Enten der Gruppe 1 erreicht (maximale Zunahme bei 6,9 Wochen). Die Probanden der Gruppe 3 lagen dazwischen. Hier verzeichneten die Tiere ähnlich wie die weiblichen Enten der Gruppe 2 am Anfang der 7. Woche die höchsten Zunahmen (maximale Zunahme bei 6,3 Wochen).

Bei dem Vergleich der Verlaufskurven läßt sich bei beiden Geschlechtern ein deutlicher Unterschied zwischen dem Verlauf der Kurve der Gruppe 1 und den Verläufen der Kurven der Gruppen 2 und 3 erkennen (siehe Abb. 18). Die Tiere der Gruppe 1 blieben zu Beginn der Mast hinter den Tieren der Gruppen 2 und 3 zurück, holten diesen Rückstand aber in der zweiten Hälfte der Mast auf und erreichten zum Mastende sogar noch höhere Mastendgewichte als die Tiere der anderen Gruppen.

Tab. 23: Darstellung der täglichen Zunahmen der Enten bei verschiedenen Vorbruttemperaturen

Vorbruttemp. u. Geschl.	tägliche Zunahmen (LSQ's/ SE)				
	n	Schlupf-2. Woche	2.-4. Woche	4.-6. Woche	6.-8. Woche
36,5° männlich	17	9,97/ 1,46	62,53/ 4,57	44,48/ 1,08	97,72/ 4,27
37,5° männlich	21	19,98/ 1,22	72,95/ 3,81	39,79/ 0,80	86,88/ 3,57
38,5° männlich	26	19,08/ 1,05	65,10/ 3,29	45,80/ 0,78	96,95/ 3,08
36,5° weiblich	18	10,40/ 0,99	44,55/ 1,75	30,06/ 0,83	64,16/ 2,31
37,5° weiblich	16	16,36/ 1,08	50,61/ 1,91	25,13/ 0,91	58,40/ 2,53
38,5° weiblich	19	14,40/ 0,95	49,47/ 1,67	28,32/ 0,79	54,08/ 2,22
Vorbruttemp. u. Geschl.	tägliche Zunahmen (LSQ's/ SE)				
	n	8.-10. Woche	10.-12. Woche	12.-14. Woche	
36,5° männlich	17	64,34/ 2,96	56,77/ 4,56	28,44/ 2,51	
37,5° männlich	21	62,98/ 2,47	59,54/ 4,19	19,36/ 2,09	
38,5° männlich	26	57,04/ 2,13	57,18/ 3,66	18,09/ 1,80	
36,5° weiblich	18	25,32/ 1,28	30,90/ 2,15	8,06/ 1,15	
37,5° weiblich	16	26,71/ 1,40	19,32/ 2,14	7,59/ 1,26	
38,5° weiblich	19	21,76/ 1,22	23,13/ 1,94	9,24/ 1,10	

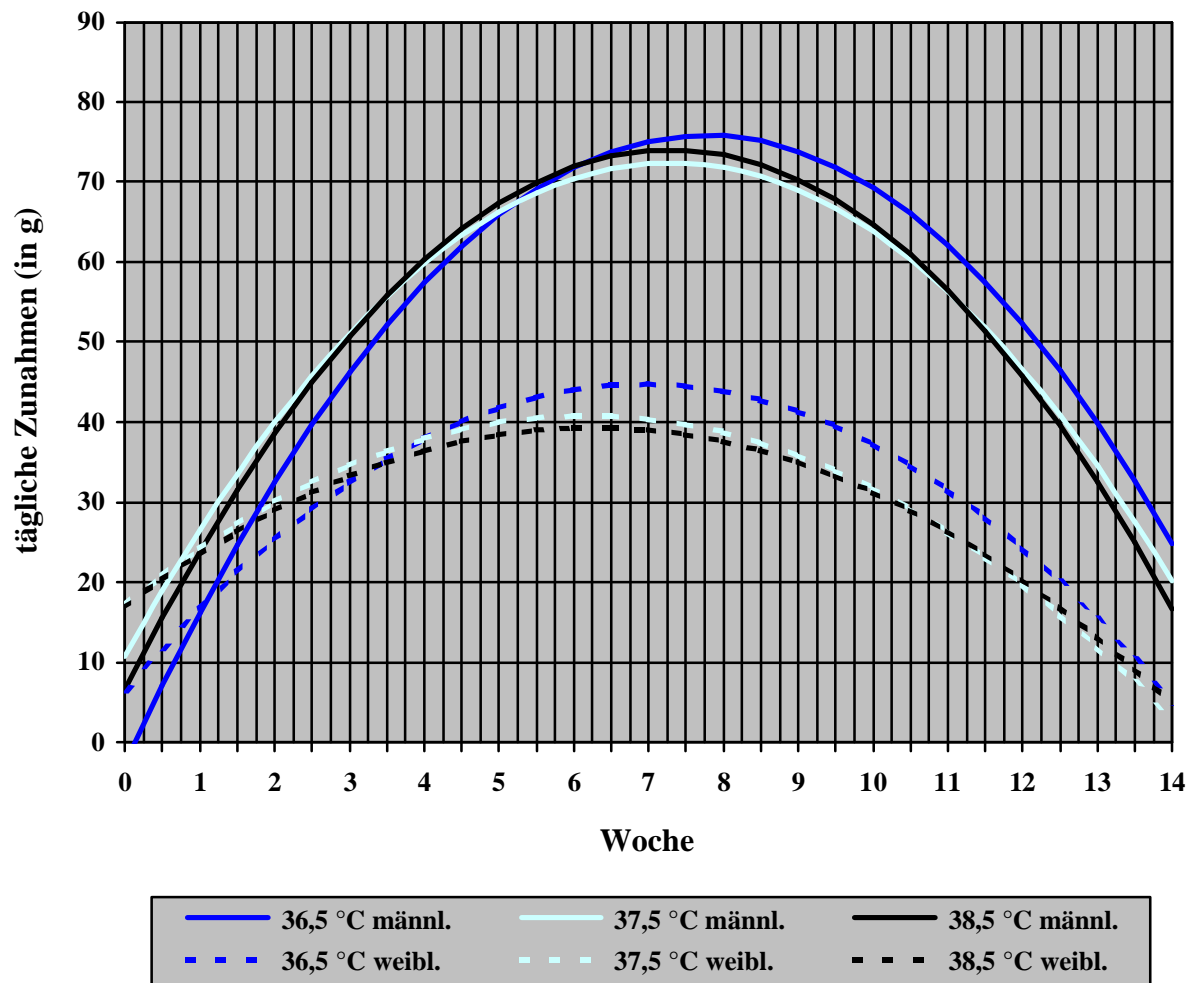


Abb. 18: Einfluss der Höhe der Vorbruttemperaturen auf die täglichen Zunahmen

#### 4.4.3.2 Täglicher Zuwachs in Abhängigkeit von der Halothanbehandlung

Während sich der Verlauf der täglichen Zunahmen bei behandelten und unbehandelten männlichen Enten nur geringfügig unterschied, ergaben sich deutliche Unterschiede bei den behandelten und unbehandelten weiblichen Probanden. Die Zuwächse der behandelten männlichen Tiere blieben zu Mastbeginn leicht hinter denen der unbehandelten zurück, näherten sich dann aber diesen an und zogen zu Mastende mit diesen gleich (siehe Tab. 24). Das maximale Wachstum wurde von den unbehandelten Tieren zu einem etwas früheren Zeitpunkt erreicht (7,4 Wochen) als bei den behandelten Probanden (7,5 Wochen).

Bei den unbehandelten weiblichen Tieren wurden dagegen zu Beginn der Mast bis zur 2. Woche geringere Zuwächse gemessen. Im Anschluss daran realisierten die unbehandelten Enten jedoch deutlich höhere Zunahmen.

Die maximalen Zuwächse wurden bei den behandelten Tieren schon zu Beginn der 6. Woche (6,2 Wochen) bestimmt, während der maximale Zuwachs bei den unbehandelten Enten erst Mitte der 6. Woche zu messen war (6,6 Wochen (siehe Abb. 19).

Tab. 24: Darstellung der täglichen Zunahmen unter Berücksichtigung der Halothanbehandlung

Vorbrutbedingung u. Geschl.	tägliche Zunahmen (LSQ's/ SE)				
	n	Schlupf-2. Woche	2.-4. Woche	4.-6. Woche	6.-8. Woche
männlich Halothan ja	70	15,67/ 0,51	63,01/ 1,56	42,30/ 0,45	90,19/ 1,78
männlich Halothan nein	64	16,59/ 0,65	65,10/ 1,75	43,47/ 0,54	94,23/ 2,00
weiblich Halothan ja	56	13,63/ 0,58	48,07/ 0,98	30,25/ 0,52	56,38/ 1,19
weiblich Halothan nein	53	13,84/ 0,68	48,32/ 1,01	27,97/ 0,54	59,63/ 1,22
Vorbrutbedingung u. Geschl.	tägliche Zunahmen (LSQ's/ SE)				
		8.-10. Woche	10.-12. Woche	12.-14. Woche	
männlich Halothan ja	70	55,02/ 1,73	62,33/ 3,21	18,84/ 1,00	
männlich Halothan nein	64	59,50/ 1,94	53,33/ 3,60	21,53/ 1,12	
weiblich Halothan ja	56	20,65/ 0,88	19,88/ 1,69	6,28/ 0,59	
weiblich Halothan nein	53	24,32/ 0,90	29,03/ 1,73	8,37/ 0,60	

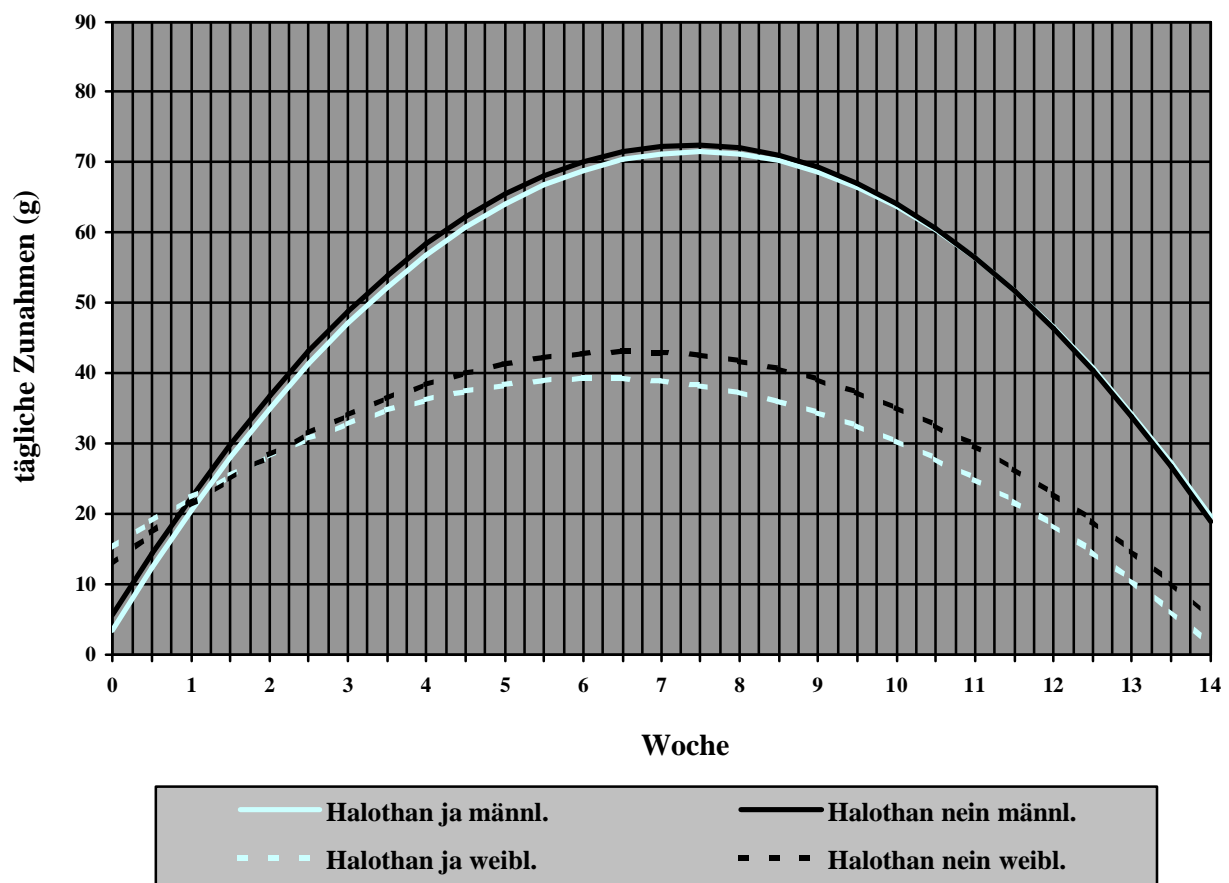


Abb. 19: Einfluss der Halothanbehandlung auf die täglichen Zunahmen



#### **4.4.4 Korrelationen zwischen dem embryonalen Sauerstoffverbrauch und der Gewichtsentwicklung**

Im Folgenden soll dargestellt werden, inwieweit die Entwicklung der Lebendmasse der Enten mit der embryonalen Atmungsaktivität in Zusammenhang steht. Hierzu wurden die Korrelationen zwischen dem O<sub>2</sub>-Verbrauch am 25. und am 26. Bruttag berechnet. Des weiteren wurden die Korrelationen zwischen der Höhe der Änderung des Sauerstoffverbrauchs am 26. Bruttag durch die Einwirkung des Inhalationsnarkotikums Halothan und dem Lebendmassezuwachs ermittelt.

Vor der Berechnung der Korrelationen wurde der fixe Effekt des Durchgangs eliminiert. Die Darstellung der einzelnen Zusammenhänge erfolgt jeweils nach Geschlechtern getrennt für die einzelnen Vorbruttemperaturen.

##### **4.4.4.1 Korrelationen zwischen dem embryonalen Sauerstoffverbrauch am 25. Bruttag und dem Lebendmassezuwachs**

Für die Enten der Gruppe 2 ergaben sich bei den weiblichen wie auch bei den männlichen Enten bis zur 8. Lebenswoche signifikant bis hochsignifikant positive Zusammenhänge. Tiere mit einer höheren embryonalen Atmungsaktivität wiesen danach später einen stärkeren Lebendmassezuwachs auf. Im weiteren Verlauf der Mast wurden für die männlichen Probanden bis zur 12. Woche weiterhin positive Korrelationen bestimmt. Danach ergaben sich dann schwach negative Beziehungen, die aber, wie auch die Korrelationen zwischen den genannten Merkmalen, die für den Mastabschnitt im Anschluss an die 8. Lebenswoche bestimmt wurden, statistisch nicht mehr signifikant waren (siehe Tab. 25).

Für die weiblichen Enten dieser Gruppe wurden ähnlich gerichtete Beziehungen bestimmt, mit Ausnahme der negativen Korrelation zwischen der embryonalen Atmungsintensität und der Gewichtsentwicklung in der 10. Lebenswoche. Statistisch signifikant waren die bestimmten Beziehungen jedoch nur bis zur 8. Lebenswoche (siehe Tab. 25).

Tab. 25: Korrelationen zwischen der embryonalen Atmungsaktivität am 25. Bruttag und der späteren Gewichtsentwicklung bei einer Vorbruttemperatur von 37,5 °C

Gewicht	Vorbruttemperatur 37,5 °C			
	n	männlich	n	weiblich
Schlupfgewicht	44	<b>0,333*</b>	36	<b>0,339*</b>
Gewicht 2. Woche	44	<b>0,501**</b>	36	<b>0,629**</b>
Gewicht 4. Woche	44	<b>0,493**</b>	36	<b>0,546**</b>
Gewicht 6. Woche	44	<b>0,372*</b>	36	<b>0,383*</b>
Gewicht 8. Woche	44	<b>0,389*</b>	36	<b>0,331*</b>
Gewicht 10. Woche	44	0,148	36	-0,059
Gewicht 12. Woche	44	0,223	36	0,090
Gewicht 14. Woche	44	-0,001	36	0,250

Bei der Betrachtung der Zusammenhänge, die für die bei suboptimalen Vorbruttemperaturen (36,5 °C bzw. 38,5 °C) bebrüteten Probanden ermittelt wurden, ergaben sich bei einer Vorbruttemperatur von 36,5 °C für die männlichen wie auch für die weiblichen Enten (Gruppe1) von der 6. bis zur 12. Woche negative Beziehungen zwischen dem embryonalen Sauerstoffverbrauch und der späteren Gewichtsentwicklung. Nur zu Beginn der Mast und zum Mastende wurden positive Korrelationen bestimmt. Insgesamt ließen sich jedoch diese berechneten Beziehungen mit Ausnahme des Zusammenhangs zwischen dem Schlupfgewicht und der Atmungsintensität nicht statistisch absichern (siehe Tab. 26).

Tab. 26: Korrelationen zwischen der embryonalen Atmungsaktivität am 25. Bruttag und der späteren Gewichtsentwicklung bei einer Vorbruttemperatur von 36,5 °C

Gewicht	Vorbruttemperatur 36,5 °C			
	n	männlich	n	weiblich
Schlupfgewicht	37	<b>0,510**</b>	33	<b>0,442*</b>
Gewicht 2. Woche	37	-0,092	33	0,011
Gewicht 4. Woche	37	0,082	33	0,089
Gewicht 6. Woche	37	-0,162	33	-0,117
Gewicht 8. Woche	37	-0,102	33	-0,023
Gewicht 10. Woche	37	-0,212	33	-0,086
Gewicht 12. Woche	37	0,236	33	0,035
Gewicht 14. Woche	37	0,103	33	-0,039

Bei den Enten, die bei 38,5 °C inkubiert wurden (Gruppe 3), konnten für die männlichen Probanden bis zur 6. Lebenswoche positive Verbindungen errechnet werden. Im weiteren Mastverlauf ergaben sich dann überwiegend negative Zusammenhänge, die aber auch hier statistisch nicht signifikant waren (siehe Tab. 27).

Im Vergleich zu den übrigen Beziehungen wurden für die weiblichen Probanden der Gruppe 3 nahezu ausschließlich negative Korrelationen ermittelt, die signifikant bis hochsignifikant waren. Daraus folgt, dass bei der genannten Vorbruttemperatur inkubierte weibliche Enten mit einer höheren embryonalen Atmungsaktivität später geringere Lebendmassezuwächse zeigen.

Tab. 27: Korrelationen zwischen der embryonalen Atmungsaktivität am 25. Bruttag und der späteren Gewichtsentwicklung bei einer Vorbruttemperatur von 38,5 °C

Gewicht	Vorbruttemperatur 38,5 °C			
	n	männlich	n	weiblich
Schlupfgewicht	53	0,174	40	0,021
Gewicht 2. Woche	53	0,098	40	-0,133
Gewicht 4. Woche	53	0,065	40	-0,121
Gewicht 6. Woche	53	0,139	40	-0,305
Gewicht 8. Woche	53	-0,141	40	<b>-0,393*</b>
Gewicht 10. Woche	53	-0,218	40	<b>-0,437**</b>
Gewicht 12. Woche	53	0,029	40	-0,258
Gewicht 14. Woche	53	-0,102	40	-0,184

#### 4.4.4.2 Korrelationen zwischen der embryonalen Atmungsaktivität am 26. Bruttag und der späteren Gewichtsentwicklung

Für die bei Optimaltemperatur bebrüteten Tiere (Gruppe 2 ) ergaben sich im Vergleich zu den berechneten Werten des 25. Bruttages ähnliche Beziehungen. Auch hier war die Atmungsintensität bei den weibliche Tieren bis zur 6. Lebenswoche und bei den männlichen Tieren bis zur 10. Lebenswoche signifikant bis hochsignifikant positiv korreliert mit der späteren Gewichtsentwicklung, wobei hier Werte im Bereich von 0,5-0,8 erreicht wurden (siehe Tab. 28).

Tab. 28: Korrelationen zwischen der embryonalen Atmungsaktivität am 26. Bruttag und der späteren Gewichtsentwicklung bei einer Vorbruttemperatur von 37,5 °C

Gewicht	Vorbruttemperatur 37,5 °C			
	n	männlich	n	weiblich
Schlupfgewicht	23	<b>0,703**</b>	20	<b>0,533*</b>
Gewicht 2. Woche	23	<b>0,759**</b>	20	<b>0,796**</b>
Gewicht 4. Woche	23	<b>0,804**</b>	20	<b>0,703**</b>
Gewicht 6. Woche	23	<b>0,715**</b>	20	<b>0,556*</b>
Gewicht 8. Woche	23	<b>0,561**</b>	20	0,424
Gewicht 10. Woche	23	<b>0,535**</b>	20	0,005
Gewicht 12. Woche	23	0,289	20	0,260
Gewicht 14. Woche	23	0,071	20	0,185

Die Zusammenhänge, die für die suboptimal bebrüteten Gruppen 1 und 3 berechnet wurden, entsprachen überwiegend den Korrelationen, die für den 25. Bruttag berechnet wurden. Die hier bestimmten Zusammenhänge waren mit Ausnahme der Beziehung zwischen der pränatalen Gewichtsentwicklung und der Atmungsaktivität bei 36,5 °C nicht signifikant (siehe Tab. 29).

Während die Zusammenhänge bei den Tieren der Gruppe 2 vom 25. zum 26. Bruttag deutlicher wurden und sich auch statistisch deutlicher absichern ließen, war dies bei den suboptimal bebrüteten Tieren in diesem Ausmaß nicht festzustellen (siehe Tab. 29 u. 30).

Tab. 29: Korrelationen zwischen der embryonalen Atmungsaktivität am 26. Bruttag und der späteren Gewichtsentwicklung bei einer Vorbruttemperatur von 36,5 °C

Gewicht	Vorbruttemperatur 36,5 °C			
	n	männlich	n	weiblich
Schlupfgewicht	20	<b>0,554*</b>	15	<b>0,532*</b>
Gewicht 2. Woche	20	-0,085	15	0,001
Gewicht 4. Woche	20	-0,043	15	0,023
Gewicht 6. Woche	20	-0,303	15	-0,122
Gewicht 8. Woche	20	-0,253	15	-0,264
Gewicht 10. Woche	20	-0,396	15	-0,438
Gewicht 12. Woche	20	0,156	15	-0,383
Gewicht 14. Woche	20	0,067	15	-0,453

Tab. 30: Korrelationen zwischen der embryonalen Atmungsaktivität am 26. Bruttag und der späteren Gewichtsentwicklung bei einer Vorbruttemperatur von 38,5 °C

Gewicht	Vorbruttemperatur 38,5 °C			
	n	männlich	n	weiblich
Schlupfgewicht	27	0,357	21	0,039
Gewicht 2. Woche	27	0,249	21	0,075
Gewicht 4. Woche	27	0,156	21	0,113
Gewicht 6. Woche	27	-0,141	21	-0,137
Gewicht 8. Woche	27	-0,166	21	-0,279
Gewicht 10. Woche	27	-0,202	21	-0,321
Gewicht 12. Woche	27	0,047	21	0,174
Gewicht 14. Woche	27	-0,189	21	0,241

#### 4.4.4.3 Korrelationen zwischen den Änderungen des Sauerstoffverbrauchs vor und nach der Halothanbehandlung am 26. Bruttag und der Gewichtsentwicklung

Im Folgenden werden die Zusammenhänge zwischen den durch die Behandlung mit Halothan hervorgerufenen Änderungen (relativ und absolut) des embryonalen Sauerstoffverbrauchs und der späteren Gewichtsentwicklung dargestellt.

Für die behandelten männlichen Tiere ergaben sich mit Ausnahme der Korrelation zwischen der pränatalen Gewichtsentwicklung und der Verringerung der Atmungsaktivität direkt nach der Halothaneinwirkung ( $\Delta 1-2$ ) absolut wie relativ signifikant bis hochsignifikant positive Zusammenhänge. Daraus folgt, dass die Tiere, die stärker auf die Behandlung reagierten, später höhere Lebendmassezunächse aufwiesen (siehe Tab. 31 u. 32).

Bei den weiblichen Probanden konnten absolut wie auch relativ betrachtet ähnlich gerichtete Zusammenhänge errechnet werden; hier war die Gewichtsentwicklung bis zur 10. Lebenswoche positiv mit der Verringerung der Atmungsintensität verbunden. Im Vergleich zu den männlichen Tieren wurden nach der 10. Woche negative Korrelationen bestimmt, die jedoch statistisch nicht signifikant waren (siehe Tab. 31 u. 32).

Tab. 31: Korrelationen zwischen der absoluten Veränderung der Atmungsintensität direkt nach der Halothanbehandlung und der Entwicklung der Lebendmasse ( $\Delta 1-2$ )

Gewicht	n	männlich	n	weiblich
Schlupfgewicht	70	-0,086	56	<b>0,280*</b>
Gewicht 2. Woche	70	0,124	56	0,085
Gewicht 4. Woche	70	0,117	56	0,022
Gewicht 6. Woche	70	<b>0,368**</b>	56	<b>0,281*</b>
Gewicht 8. Woche	70	<b>0,290*</b>	56	<b>0,238*</b>
Gewicht 10. Woche	70	<b>0,459**</b>	56	<b>0,387**</b>
Gewicht 12. Woche	70	0,147	56	-0,096
Gewicht 14. Woche	70	<b>0,316**</b>	56	-0,18

Tab. 32: Korrelationen zwischen der relativen Änderung der Atmungsintensität direkt nach der Halothanbehandlung und der Entwicklung der Lebendmasse ( $\Delta 1-2$ )

Gewicht	n	männlich	n	weiblich
Schlupfgewicht	70	<b>-0,296*</b>	56	0,033
Gewicht 2. Woche	70	-0,139	56	-0,191
Gewicht 4. Woche	70	-0,148	56	-0,227
Gewicht 6. Woche	70	0,158	56	0,090
Gewicht 8. Woche	70	0,116	56	<b>0,286*</b>
Gewicht 10. Woche	70	<b>0,301*</b>	56	<b>0,449**</b>
Gewicht 12. Woche	70	0,010	56	-0,039
Gewicht 14. Woche	70	0,232	56	0,039

Die Höhe der Änderung der Atmungsaktivität nach einer 10-minütigen Erholungsphase ( $\Delta 2-3$ ) war mit den Lebendmassezunächsen wie folgt korreliert. Bei den männlichen Tieren ergaben sich hier absolut betrachtet signifikant bis hochsignifikant positive Zusammenhänge, während die Höhe der Änderungen relativ betrachtet nach der 4. Lebenswoche negativ mit dem Lebendmassezunachs korrelierte. Absolut betrachtet zeigten die männlichen Probanden,

die sich stärker erholten, höhere Gewichtszunahmen. Relativ gesehen war die Höhe der Änderung jedoch mit geringeren Lebendmassezunahmen verbunden.

Bei den weiblichen Enten wurden ähnlich gerichtete Zusammenhänge bestimmt, wobei die Werte für die absoluten Änderungen des Sauerstoffverbrauchs statistisch nicht signifikant waren (siehe Tab. 33 u. 34).

Tab. 33: Korrelationen zwischen der absoluten Veränderung des O<sub>2</sub>-Verbrauchs direkt und 10 Minuten nach der Halothanbehandlung und dem Lebendmassezuwachs ( $\Delta 2-3$ )

Gewicht	n	männlich	n	weiblich
Schlupfgewicht	70	0,044	56	0,025
Gewicht 2. Woche	70	<b>0,325**</b>	56	0,235
Gewicht 4. Woche	70	<b>0,258*</b>	56	0,159
Gewicht 6. Woche	70	<b>0,292*</b>	56	0,225
Gewicht 8. Woche	70	0,108	56	0,186
Gewicht 10. Woche	70	<b>0,323**</b>	56	0,123
Gewicht 12. Woche	70	0,216	56	-0,100
Gewicht 14. Woche	70	<b>0,254*</b>	56	-0,056

Tab. 34: Korrelationen zwischen der relativen Veränderung des O<sub>2</sub>-Verbrauchs direkt und 10 Minuten nach der Halothanbehandlung und dem Lebendmassezuwachs ( $\Delta 2-3$ )

Gewicht	n	männlich	n	weiblich
Schlupfgewicht	70	<b>0,334**</b>	56	0,172
Gewicht 2. Woche	70	0,126	56	0,212
Gewicht 4. Woche	70	0,185	56	<b>0,265*</b>
Gewicht 6. Woche	70	-0,074	56	-0,017
Gewicht 8. Woche	70	-0,031	56	-0,224
Gewicht 10. Woche	70	<b>-0,254*</b>	56	<b>-0,380**</b>
Gewicht 12. Woche	70	-0,004	56	0,028
Gewicht 14. Woche	70	-0,224	56	-0,038

Die Abweichungen der Atmungsaktivitäten vom Zeitpunkt vor der Behandlung bis zur Messung 10 Minuten nach der Halothaneinwirkung ( $\Delta 1-3$ ) waren in ähnlicher Weise mit der Gewichtsentwicklung korreliert, wie die Höhe der Änderung des pränatalen O<sub>2</sub>-Verbrauchs direkt nach der Halothanbehandlung. Auch hier ergaben sich für die männlichen Tiere mit Ausnahme der Korrelation zwischen der Verbrauchsänderung und der pränatalen Gewichtsentwicklung signifikant bis hochsignifikant positive Korrelationen. Die Tiere, die stärker auf das Inhalationsnarkotikum reagierten und sich in den darauf folgenden 10 Minuten nur in geringem Umfang erholten, zeigten später höhere Lebendmassezuwächse.

Für die weiblichen Enten konnten ähnliche Zusammenhänge bis zur 10. Woche bestimmt werden, danach ergaben sich schwach negative Beziehungen, die aber nicht statistisch abzusichern waren (siehe Tab. 35 u. 36).

Tab. 35: Korrelationen zwischen der absoluten Veränderung des O<sub>2</sub>-Verbrauchs 10 Minuten nach der Halothanbehandlung und dem Lebendmassezuwachs ( $\Delta 1-3$ )

Gewicht	n	männlich	n	weiblich
Schlupfgewicht	70	-0,108	56	0,096
Gewicht 2. Woche	70	0,020	56	0,002
Gewicht 4. Woche	70	0,036	56	-0,037
Gewicht 6. Woche	70	<b>0,295**</b>	56	0,219
Gewicht 8. Woche	70	<b>0,275*</b>	56	<b>0,297*</b>
Gewicht 10. Woche	70	<b>0,382**</b>	56	<b>0,374*</b>
Gewicht 12. Woche	70	0,083	56	-0,066
Gewicht 14. Woche	70	<b>0,253**</b>	56	0,002

Tab. 36: Korrelationen zwischen der relativen Veränderung des O<sub>2</sub>-Verbrauchs 10 Minuten nach der Halothanbehandlung und dem Lebendmassezuwachs ( $\Delta 1-3$ )

Gewicht	n	männlich	n	weiblich
Schlupfgewicht	70	-0,233	56	0,134
Gewicht 2. Woche	70	-0,125	56	-0,154
Gewicht 4. Woche	70	-0,113	56	-0,182
Gewicht 6. Woche	70	0,172	56	0,108
Gewicht 8. Woche	70	0,169	56	0,263
Gewicht 10. Woche	70	<b>0,283*</b>	56	<b>0,410**</b>
Gewicht 12. Woche	70	0,001	56	-0,042
Gewicht 14. Woche	70	0,197	56	0,027

#### 4.4.4.4 Zusammenhänge zwischen den Vorbrutbedingungen und der Entwicklung der Lebendmasse

Um die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Vorbrutbedingungen, das heißt unter Berücksichtigung der Vorbruttemperatur und der Halothanbehandlung, und der späteren Lebendmasseentwicklung der Tiere darzustellen, wurden hierzu die entsprechenden Beziehungen errechnet. Dabei wurden die einzelnen Vorbruttemperaturen wie folgt bezeichnet: 36,5 °C = **1**; 37,5 °C = **2** und 38,5 °C = **3**. Die Halothanbehandlung wurde mit einer **1** bezeichnet. Wenn keine Behandlung stattfand, wurde dies mit einer **2** gekennzeichnet.

#### 4.4.4.4.1 Zusammenhänge zwischen der Höhe der Vorbruttemperaturen und der Gewichtsentwicklung

Für die männlichen Probanden ergaben sich hier mit Ausnahme der Beziehung zwischen dem pränatalen Wachstum und der Höhe der Vorbruttemperatur positive Zusammenhänge, die auch von der zweiten bis zur 8. Lebenswoche statistisch hochsignifikant waren. Daraus folgt, dass höhere Vorbruttemperaturen zunächst mit stärkeren Gewichtsentwicklungen einhergingen, wobei der Einfluss der Temperatur mit zunehmender Mastdauer abnahm (siehe Tab. 37).

Bei den weiblichen Tieren ergaben sich dagegen nur bis zur 6. Woche positive Zusammenhänge, die für die 4. Woche auch statistisch abgesichert werden konnten. Ab der 8. Lebenswoche wurden dann negative Zusammenhänge bestimmt, die auch von der 10. Woche an statistisch signifikant bis hochsignifikant waren. Im Gegensatz zu den männlichen Tieren nahmen die weiblichen Enten, die bei geringeren Vorbruttemperaturen inkubiert wurden, mit zunehmender Mastdauer signifikant bis hochsignifikant stärker zu (siehe Tab. 37).

Tab. 37: Beziehungen zwischen der Höhe der Vorbruttemperatur und der Gewichtsentwicklung

Gewicht	n	männlich	n	weiblich
Schlupfgewicht	134	-0,106	109	0,549
Gewicht 2. Woche	134	<b>0,233**</b>	109	0,185
Gewicht 4. Woche	134	<b>0,276**</b>	109	<b>0,224*</b>
Gewicht 6. Woche	134	<b>0,266**</b>	109	0,135
Gewicht 8. Woche	134	<b>0,247**</b>	109	-0,139
Gewicht 10. Woche	134	0,092	109	<b>-0,233*</b>
Gewicht 12. Woche	134	0,093	109	<b>-0,315**</b>
Gewicht 14. Woche	134	0,011	109	<b>-0,306**</b>

36,5 °C = 1; 37,5 °C = 2 und 38,5 °C = 3

#### 4.4.4.4.2 Zusammenhänge zwischen der Halothanbehandlung und der Gewichtsentwicklung

Hier ergaben sich bei den männlichen wie auch bei den weiblichen Enten signifikant bis hochsignifikant positive Korrelationen, was bedeutet, dass unbehandelte Tiere eine höhere Lebendmasseentwicklung zeigten als behandelte. Statistisch absichern ließen sich diese Zusammenhänge bei den männlichen Tieren jedoch erst ab der 4. und bei den weiblichen erst ab der 12. Woche (siehe Tab.38).



Tab. 38: Beziehungen zwischen der Halothanbehandlung und der Gewichtsentwicklung

Gewicht	n	männlich	n	weiblich
Schlupfgewicht	134	0,031	109	0,057
Gewicht 2. Woche	134	0,157	109	0,024
Gewicht 4. Woche	134	<b>0,222**</b>	109	-0,001
Gewicht 6. Woche	134	<b>0,193*</b>	109	-0,068
Gewicht 8. Woche	134	<b>0,226**</b>	109	0,031
Gewicht 10. Woche	134	<b>0,222**</b>	109	0,102
Gewicht 12. Woche	134	<b>0,211*</b>	109	<b>0,217*</b>
Gewicht 14. Woche	134	<b>0,200*</b>	109	<b>0,260**</b>

Halothanbehandlung = **1**; keine Halothanbehandlung = **2**

#### 4.4.4.5 Zusammenhänge zwischen der Höhe der Vorbruttemperaturen und den täglichen Zunahmen

Bezüglich der Beziehungen zwischen der Höhe der Vorbruttemperatur und den täglichen Zunahmen konnten für die männlichen Probanden bis zur 8. Lebenswoche positive Zusammenhänge bestimmt werden, die sich vom Schlupf bis zur 2. Woche auch statistisch absichern ließen. In der zweiten Hälfte der Mastperiode war nach der 8. Woche die Höhe der Vorbruttemperatur signifikant bis hochsignifikant negativ mit der Höhe der täglichen Zunahmen gekoppelt. Männliche Probanden, die bei geringeren Vorbruttemperaturen inkubiert wurden, wiesen in der zweiten Hälfte der Mast höhere tägliche Zunahmen auf, als bei höheren Temperaturen bebrütete Tiere.

Ähnliche Zusammenhänge ergaben sich hier für die weiblichen Tiere. Es konnten zunächst signifikant positive Beziehungen bestimmt werden, mit zunehmender Mastdauer ergaben sich jedoch auch hier hochsignifikant negative Verbindungen zwischen der Höhe der Vorbruttemperatur und den täglichen Zunahmen. Zum Ende der Mast verringerte sich der Temperatureinfluss jedoch und konnte von der 10. Lebenswoche an nicht mehr statistisch abgesichert werden (siehe Tab. 39).

Tab. 39: Beziehungen zwischen der Höhe der Vorbruttemperatur und den täglichen Zunahmen

Zunahmen	n	männlich	n	weiblich
Zunahmen Schlupf-2. Woche	134	<b>0,241**</b>	109	0,187
Zunahmen 2.-4. Woche	134	0,103	109	<b>0,225*</b>
Zunahmen 4.-6. Woche	134	0,086	109	-0,181
Zunahmen 6.-8. Woche	134	0,059	109	<b>-0,477**</b>
Zunahmen 8.-10. Woche	134	<b>-0,198*</b>	109	<b>-0,279**</b>
Zunahmen 10.-12. Woche	134	-0,002	109	-0,107
Zunahmen 12.-14. Woche	134	<b>-0,221**</b>	109	0,007

36,5 °C = **1**; 37,5 °C = **2** und 38,5 °C = **3**

#### 4.4.4.6 Zusammenhänge zwischen der Halothanbehandlung und den täglichen

##### Zunahmen

Die Behandlung der Bruteier mit dem Inhalationsnarkotikum wirkte sich bei den männlichen Probanden nahezu über die gesamte Mast hinweg negativ auf die Höhe der täglichen Zunahmen aus, was sich allerdings statistisch nicht belegen ließ.

Für die weiblichen Enten ergaben sich bis zur 6. Lebenswoche überwiegend negative Zusammenhänge. Hier waren die behandelten Probanden bezüglich der täglichen Zunahmen den unbehandelten Tieren überlegen, was sich von der 4. Woche an auch statistisch belegen ließ. Erst in der zweiten Masthälfte von der 6. Lebenswoche an nahmen die unbehandelten Enten stärker zu als die behandelten (siehe Tab. 40).

Tab. 40: Zusammenhänge zwischen der Halothanbehandlung und den täglichen Zunahmen

Zunahmen	n	männlich	n	weiblich
Zunahmen Schlupf-2. Woche	134	0,158	109	0,022
Zunahmen 2.-4. Woche	134	0,113	109	-0,026
Zunahmen 4.-6. Woche	134	0,013	109	<b>-0,196*</b>
Zunahmen 6.-8. Woche	134	0,125	109	0,166
Zunahmen 8.-10. Woche	134	0,066	109	<b>0,191*</b>
Zunahmen 10.-12. Woche	134	-0,019	109	0,128
Zunahmen 12.-14. Woche	134	0,009	109	<b>0,228*</b>

Halothanbehandlung ja = 1; Halothanbehandlung nein = 2

#### 4.5 Ergebnisse zu den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels isolierter Lebermitochondrien

Da das Geschlecht die Merkmale des mitochondrialen Energiestoffwechsels signifikant bis hochsignifikant beeinflusst, erfolgt die Auswertung des betreffenden Datenmaterials nach Geschlechtern getrennt.

Die ermittelten Werte wurden um den Effekt des Versuchstages und des Ranges der Mitochondrien korrigiert, um den Einfluss des Alters der Mitochondrien und der teilweise unterschiedlichen Laborbedingungen bei der Darstellung der Ergebnisse zu berücksichtigen.

#### **4.5.1 Einfluss der Vorbrutbedingungen auf die Parameter des mitochondrialen**

##### **Energiestoffwechsels isolierter Lebermitochondrien**

Die weiblichen Tiere wiesen im Vergleich zu den männlichen Tieren unabhängig von der Vorbruttemperatur und der Halothanbehandlung eine stärkere mitochondriale Atmungsintensität und höhere Respiratorische Kontrollwerte auf. Bezüglich der oxidativen Phosphorylierung waren erwartungsgemäß die männlichen Enten den weiblichen überlegen, was sich jedoch nicht statistisch absichern ließ (siehe Tab. 41 u. 42).

Die Einwirkung des Halothans beeinflusste die Ausprägung der nachstehend genannten Parameter nicht signifikant. Mit Halothan behandelte männliche Tiere wiesen eine höhere mitochondriale Atmungsaktivität, eine effizientere oxidative Phosphorylierung und höhere Respiratorische Kontrollwerte auf. Im Gegensatz dazu waren die unbehandelten weiblichen Tiere den Behandelten in Bezug auf die genannten Parameter überlegen. Da der Einfluss des Halothans sich nicht signifikant auswirkte (siehe Tab. 42), wurde der Effekt der Vorbruttemperatur für behandelte und unbehandelte Tiere zusammen berechnet.

Die Höhe der Vorbruttemperatur wirkte sich nicht signifikant auf die Parameter des mitochondrialen Energiestoffwechsels aus (siehe Tab. 42). Der mitochondriale Sauerstoffverbrauch vor der Zugabe des ADP's, während der Umsetzung desselben und nach dessen vollständiger Umsetzung (Status 2-4) erreichte bei den mit 38,5 °C bebrüteten männlichen Tieren (Gruppe 3) die höchsten Werte, während bei den weiblichen Enten die Probanden der Gruppe 2 die höchste Atmungsaktivität zeigten (siehe Tab. 41 u. Abb. 20).

Der O<sub>2</sub>-Verbrauch von den männlichen Probanden der Gruppen 1 und 2 bzw. von weiblichen Enten der Gruppen 1 und 3 unterschieden sich dagegen nur geringfügig.

Auch die Höhe des ADP/ O-Quotienten erreichte bei den männlichen Tieren der Gruppe 3 die höchsten Werte, der geringste Wirkungsgrad der oxidativen Phosphorylierung wurde bei der Gruppe 1 bestimmt. Im Vergleich dazu zeigten die Mitochondrien der weiblichen Enten der Gruppe 2 die größte Effizienz bezüglich der oxidativen Phosphorylierung. Die kleinsten Werte wurden in diesem Zusammenhang bei den weiblichen Probanden der Gruppe 1 ermittelt.

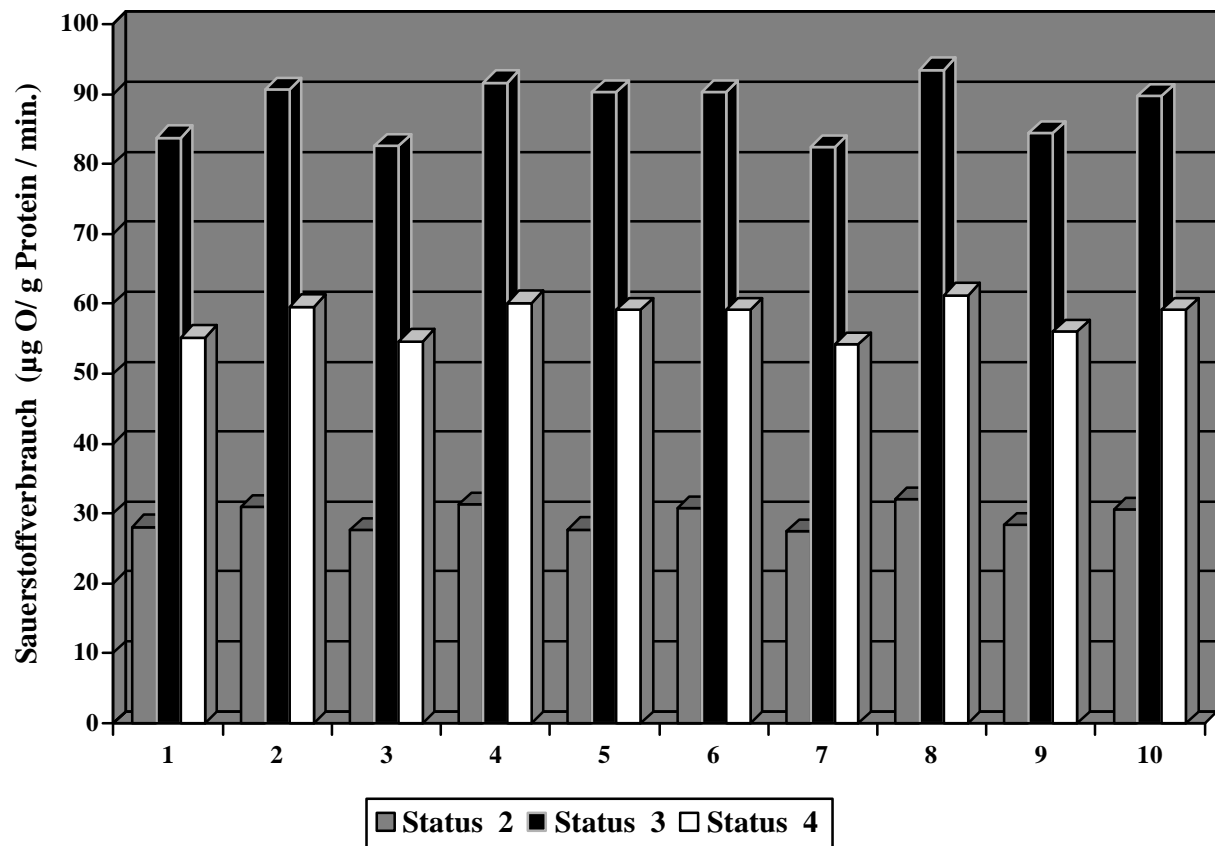
Die Respiratorischen Kontrollwerte lagen geschlechtsunabhängig bei den Tieren der Gruppe 3 unter den Werten, die für die Gruppen 1 und 2 bestimmt wurden. Die Kontrollwerte der Gruppen 1 und 2 unterschieden sich dagegen nicht (siehe Tab. 41 u. Abb. 21).

Tab. 41: Einfluss der Vorbrutbedingungen auf die Parameter des mitochondrialen Energiestoffwechsels isolierter Lebermitochondrien

Merkmal	O <sub>2</sub> -Verbrauch in µg O/ g Protein/ min (LSQ/ SE)					
	n	Status 2	Status 3	Status 4	ADP/ O	RCR
Halothan ja						
männlich	31	28,07/ 0,65	83,78/ 1,60	55,20/ 0,97	2,15/ 0,06	1,52/ 0,01
weiblich	30	30,89/ 0,67	90,64/ 1,63	59,58/ 1,05	2,00/ 0,07	1,52/ 0,01
Halothan nein						
männlich	34	27,58/ 0,63	82,54/ 1,56	54,59/ 0,95	2,06/ 0,06	1,51/ 0,01
weiblich	30	31,28/ 0,66	91,60/ 1,60	60,08/ 1,04	2,08/ 0,07	1,53/ 0,01
Gruppe 1						
männlich	18	27,66/ 0,85	82,80/ 2,16	54,53/ 1,38	2,01/ 0,09	1,52/ 0,02
weiblich	16	30,71/ 0,89	90,23/ 2,18	59,13/ 1,41	1,98/ 0,10	1,53/ 0,01
Gruppe 2						
männlich	19	27,47/ 0,82	82,34/ 2,03	54,13/ 1,23	2,13/ 0,08	1,52/ 0,02
weiblich	16	32,03/ 0,89	93,43/ 2,17	61,24/ 1,40	2,10/ 0,10	1,53/ 0,01
Gruppe 3						
männlich	28	28,34/ 0,67	84,34/ 1,65	56,02/ 1,00	2,18/ 0,07	1,51/ 0,01
weiblich	28	30,52/ 0,67	89,70/ 1,64	59,12/ 1,06	2,04/ 0,07	1,52/ 0,01

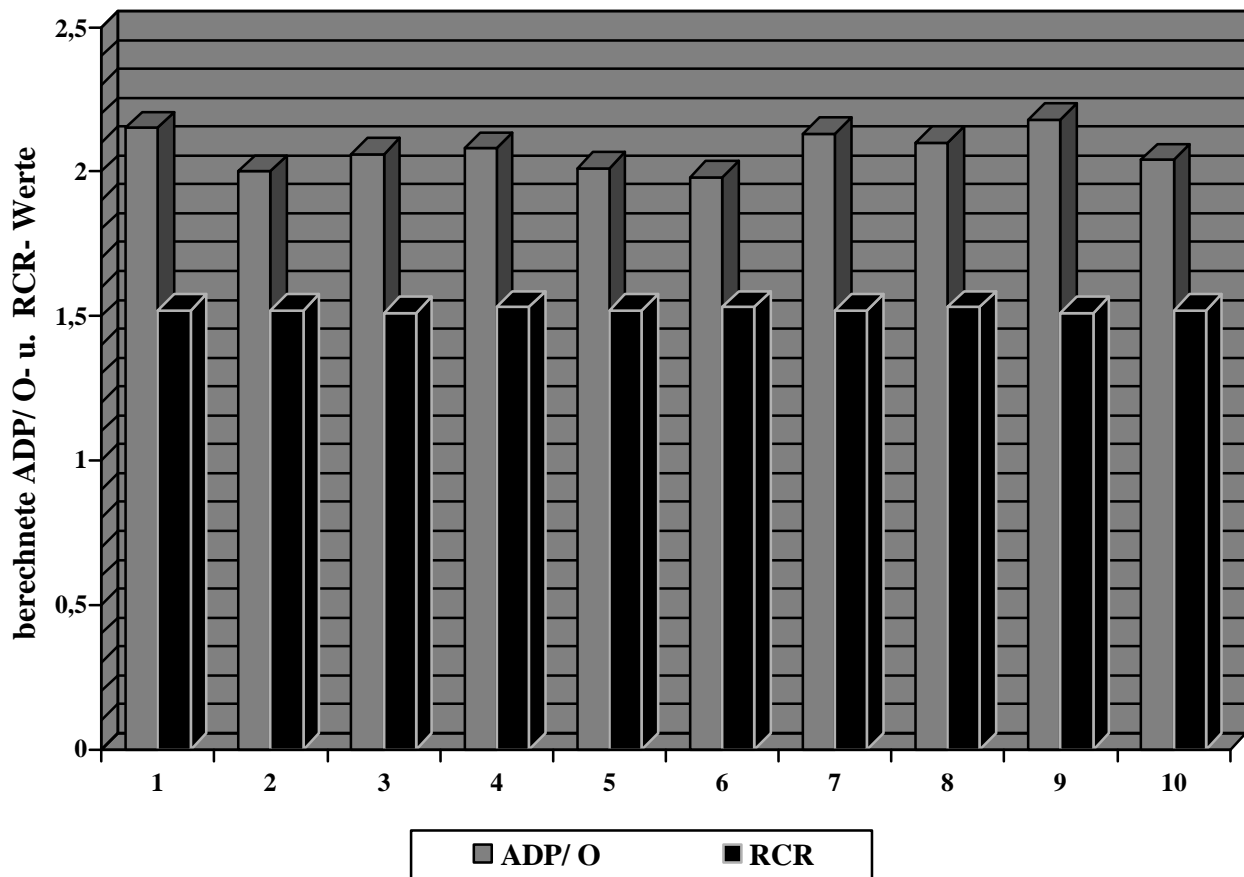
Tab. 42: Signifikanzniveaus zu den Einflüssen der Vorbrutbedingungen auf die Parameter des mitochondrialen Energiestoffwechsels isolierter Lebermitochondrien

Merkmal	O <sub>2</sub> -Verbrauch in µg O/ g Protein/ min (Signifikanzniveaus)				
	Status 2	Status 3	Status 4	ADP/ O	RCR
Vorbrutbedingung					
Halothan ja/ nein männlich	p = 0,593	p = 0,587	p = 0,663	p = 0,334	p = 0,729
Halothan ja/ nein weiblich	p = 0,676	p = 0,670	p = 0,731	p = 0,418	p = 0,882
36,5°/ 37,5° männlich	p = 0,871	p = 0,879	p = 0,826	p = 0,339	p = 0,829
36,5°/ 38,5° männlich	p = 0,537	p = 0,571	p = 0,366	p = 0,119	p = 0,575
37,5°/ 38,5° männlich	p = 0,406	p = 0,443	p = 0,233	p = 0,594	p = 0,404
36,5°/ 37,5° weiblich	p = 0,300	p = 0,306	p = 0,296	p = 0,402	p = 0,979
36,5°/ 38,5° weiblich	p = 0,867	p = 0,847	p = 0,994	p = 0,659	p = 0,668
37,5°/ 38,5° weiblich	p = 0,179	p = 0,175	p = 0,232	p = 0,402	p = 0,664



1 = halothanbehandelt männl.      2 = halothanbehandelt weibl.      3 = unbehandelt männl.  
 4 = unbehandelt weibl.      5 = männlich Temp. 36,5 °C      6 = weibl. Temp. 36,5 °C  
 7 = männl. Temp. 37,5 °C      8 = weibl. Temp. 37,5 °C      9 = männl. Temp. 38,5 °C  
 10 = weibl. Temp. 38,5 °C

Abb. 20: Mitochondrialer Sauerstoffverbrauch unter Berücksichtigung der Vorbrutbedingungen und des Geschlechts



1 = halothanbehandelt männl.      2 = halothanbehandelt weibl.      3 = unbehandelt männl.  
 4 = unbehandelt weibl.      5 = männlich Temp. 36,5 °C      6 = weibl.Temp. 36,5 °C  
 7 = männl. Temp. 37,5 °C      8 = weibl. Temp. 37,5 °C      9 = männl. Temp. 38,5 °C  
 10 = weibl. Temp. 38,5 °C

Abb. 21: Darstellung zur Ausprägung des ADP/ O-Wertes und des Respiratorischen Kontrollwertes unter Berücksichtigung der Vorbrutbedingungen und des Geschlechts

#### 4.5.2 Korrelationen zwischen den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels isolierter Lebermitochondrien und der Entwicklung der Lebendmasse

Die Korrelationen, die in diesem Zusammenhang für die männlichen Tiere der Gruppe 1 bestimmt werden konnten, waren ausschließlich negativ. Statistisch absichern ließen sich diese Ergebnisse jedoch nicht (siehe Tab. 43).

Ein höherer mitochondrialer O<sub>2</sub>-Verbrauch, eine effizientere oxidative Phosphorylierung sowie eine größere Anzahl intakter Mitochondrien waren über die gesamte Mastperiode mit geringeren Gewichtszuwächsen verbunden.

Tab. 43: Korrelationen zwischen den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels und der Entwicklung der Lebendmasse bei 36,5 °C inkubierten männlichen Tieren

Gewicht	n	Status 2	Status 3	Status 4	ADP/ O	RCR
Schlupfgewicht	18	-0,272	-0,282	-0,237	-0,031	-0,229
Gewicht 2. Woche	18	-0,115	-0,117	-0,090	-0,217	-0,113
Gewicht 4. Woche	18	-0,327	-0,332	-0,279	-0,220	-0,271
Gewicht 6. Woche	18	-0,329	-0,343	-0,294	-0,195	-0,269
Gewicht 8. Woche	18	-0,347	-0,350	-0,319	-0,209	-0,271
Gewicht 10. Woche	18	-0,351	-0,354	-0,324	-0,201	-0,232
Gewicht 12. Woche	18	-0,316	-0,320	-0,277	-0,172	-0,244
Gewicht 14. Woche	18	-0,311	-0,300	-0,031	-0,022	-0,049

Für die weiblichen Probanden dieser Gruppe ergaben sich zunächst ebenfalls negative Zusammenhänge zwischen dem mitochondrialen Energiestoffwechsel und der Lebendmasseentwicklung. Für die zweite Hälfte der Mast wurden dann jedoch positive Beziehungen errechnet. Der ADP/ O-Quotient war mit Ausnahme der Gewichtszunahmen in der 4. und 6. Woche im Vergleich zu den für die männlichen Enten bestimmten Korrelationen positiv mit der Entwicklung der Lebendmasse verbunden. Ausschließlich positive Zusammenhänge ergaben sich auch zwischen dem Respiratorischen Kontrollwert und den Gewichtszunahmen (siehe Tab. 44). Statistisch signifikant war hier jedoch nur die Beziehung zwischen Schlupfgewicht und der Effizienz der oxidativen Phosphorylierung.

Verglichen mit den Korrelationen der männlichen Tiere waren bei den weiblichen Probanden in der zweiten Hälfte der Mast die beschriebenen Parameter positiv miteinander korreliert. Ein effizienter mitochondrialer Energiestoffwechsel stand demnach in Zusammenhang mit einer stärkeren Gewichtsentwicklung.

Tab. 44: Korrelationen zwischen den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels und der Entwicklung der Lebendmasse bei 36,5 °C inkubierten weiblichen Tieren

Gewicht	n	Status 2	Status 3	Status 4	ADP/ O	RCR
Schlupfgewicht	16	0,011	0,02	-0,065	<b>0,542*</b>	0,231
Gewicht 2. Woche	16	-0,126	-0,126	-0,149	0,058	0,033
Gewicht 4. Woche	16	-0,069	-0,07	-0,094	-0,017	0,048
Gewicht 6. Woche	16	-0,071	-0,073	-0,095	-0,007	0,043
Gewicht 8. Woche	16	0,030	0,034	-0,025	0,200	0,163
Gewicht 10. Woche	16	0,024	0,027	-0,027	0,213	0,151
Gewicht 12. Woche	16	0,195	0,193	0,170	0,061	0,104
Gewicht 14. Woche	16	0,213	0,217	0,150	0,116	0,226

Im Vergleich dazu konnten für die männlichen Probanden der Gruppe 2 nahezu ausschließlich positive Zusammenhänge zwischen den beschriebenen Merkmalen errechnet werden. Ausschließlich negativ mit der Entwicklung der Lebendmasse war hier lediglich der Respiratorische Kontrollwert korreliert (siehe Tab. 45). Statistisch absichern ließen sich allerdings nur die Zusammenhänge zwischen der Gewichtsentwicklung bis zur zweiten Lebenswoche und dem Respiratorischen Kontrollwert. Bei den männlichen Tieren dieser Gruppe waren ein höherer mitochondrialer Sauerstoffverbrauch und ein höherer Wirkungsgrad der oxidativen Phosphorylierung mit einer stärkeren Gewichtsentwicklung verbunden, während eine höhere Anzahl intakter Mitochondrien mit geringeren Zunahmen in Verbindung stand.

Tab. 45: Korrelationen zwischen den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels und der Entwicklung der Lebendmasse bei 37,5 °C inkubierten männlichen Tieren

Gewicht	n	Status 2	Status 3	Status 4	ADP/ O	RCR
Schlupfgewicht	19	0,062	0,044	0,190	0,37	-0,386
Gewicht 2. Woche	19	0,046	0,021	0,200	0,351	<b>-0,477*</b>
Gewicht 4. Woche	19	-0,083	-0,104	0,043	0,33	-0,401
Gewicht 6. Woche	19	-0,081	-0,102	0,045	0,328	-0,403
Gewicht 8. Woche	19	0,028	0,015	0,113	0,222	-0,258
Gewicht 10. Woche	19	0,041	0,027	0,127	0,212	-0,262
Gewicht 12. Woche	19	0,170	0,152	0,252	0,048	-0,252
Gewicht 14. Woche	19	0,208	0,194	0,260	-0,003	-0,157

Für die weiblichen Enten ergaben sich zwischen dem mitochondrialen O<sub>2</sub>-Verbrauch und den Lebendmassezunahmen ebenfalls positive Beziehungen, die für den Sauerstoffverbrauch in Status 4 auch statistisch signifikant waren. Ähnlich wie bei den männlichen Tieren dieser Gruppe wurden auch hier negative Zusammenhänge zwischen dem Respiratorischen Kontrollwert und den Gewichtszunahmen errechnet (siehe Tab. 46). Im Gegensatz zu den für die männlichen Enten berechneten Korrelationen war jedoch die Höhe des ADP/ O-Quotienten bis zur 10. Lebenswoche negativ korreliert mit der Entwicklung der Lebendmasse. Ein höherer Wirkungsgrad der oxidativen Phosphorylierung war hier mit geringeren Zunahmen verbunden.



Tab. 46: Korrelationen zwischen den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels und der Entwicklung der Lebendmasse bei 37,5 °C inkubierten weiblichen Tieren

Gewicht	n	Status 2	Status 3	Status 4	ADP/ O	RCR
Schlupfgewicht	16	0,483	0,467	<b>0,541*</b>	-0,163	-0,184
Gewicht 2. Woche	16	0,495	0,474	<b>0,574*</b>	-0,182	-0,249
Gewicht 4. Woche	16	0,470	0,441	<b>0,598*</b>	-0,242	-0,389
Gewicht 6. Woche	16	0,430	0,461	<b>0,597*</b>	-0,245	-0,386
Gewicht 8. Woche	16	0,281	0,255	0,397	-0,229	-0,351
Gewicht 10. Woche	16	0,280	0,254	0,393	-0,232	-0,344
Gewicht 12. Woche	16	0,198	0,171	0,329	0,051	-0,388
Gewicht 14. Woche	16	0,139	0,112	0,274	0,082	-0,389

Bei den männlichen Tieren der Gruppe 3 wurden zwischen dem mitochondrialen Sauerstoffverbrauch und der Gewichtsentwicklung ebenfalls überwiegend positive Zusammenhänge bestimmt. Erst zum Ende der Mast ergaben sich hier durchweg negative Korrelationen. Die Höhe des ADP/ O-Quotienten und des Respiratorischen Kontrollwertes war in diesem Zusammenhang ebenfalls negativ mit der Gewichtsentwicklung korreliert, was sich zum Teil auch statistisch absichern ließ (siehe Tab. 47). Ein höherer mitochondrialer Sauerstoffverbrauch war bei den männlichen Tieren der Gruppe 3 bis zur 12. Lebenswoche verbunden mit höheren Gewichtszuwächsen. Eine effizientere oxidative Phosphorylierung und eine größere Anzahl funktionsfähiger Mitochondrien war im Gegensatz dazu mit einer eingeschränkteren Entwicklung der Lebendmasse gekoppelt.

Tab. 47: Korrelationen zwischen den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels und der Entwicklung der Lebendmasse bei 38,5 °C inkubierten männlichen Tieren

Gewicht	n	Status 2	Status 3	Status 4	ADP/ O	RCR
Schlupfgewicht	28	-0,130	-0,145	-0,025	0,250	-0,268
Gewicht 2. Woche	28	0,079	0,056	0,246	-0,245	<b>-0,397*</b>
Gewicht 4. Woche	28	0,084	0,065	0,229	-0,326	-0,340
Gewicht 6. Woche	28	0,080	0,060	0,226	-0,340	-0,343
Gewicht 8. Woche	28	0,047	0,023	0,208	-0,310	<b>-0,390*</b>
Gewicht 10. Woche	28	0,049	0,025	0,211	-0,307	<b>-0,392*</b>
Gewicht 12. Woche	28	-0,112	-0,127	0,004	-0,195	-0,289
Gewicht 14. Woche	28	-0,147	-0,150	-0,107	-0,083	-0,106

Bei den weiblichen Enten dieser Gruppe war der mitochondriale Sauerstoffverbrauch bis zur 10. Lebenswoche negativ mit dem Gewichtszuwachs korreliert. Erst für die letzten Wochen der Mast konnten hier positive Beziehungen ermittelt werden. Im Vergleich dazu war die Höhe des ADP/ O-Quotienten in der ersten Hälfte der Mast positiv, in der zweiten dann negativ, zum Teil signifikant negativ mit der Entwicklung der Lebendmasse korreliert. Auch bei dieser Gruppe ergaben sich ausschließlich negative Zusammenhänge zwischen der Höhe

des Respiratorischen Kontrollwertes und der Körpermassezunahme (siehe Tab. 48). Eine stärkere mitochondriale Atmungsaktivität war bis zur 10. Woche mit geringeren, danach dann mit höheren Gewichtszuwächsen gekoppelt. Eine wirksamere oxidative Phosphorylierung war dagegen in der ersten Hälfte der Mast mit höheren, im weiteren Verlauf der Mast dann mit geringeren Gewichtszuwächsen gekoppelt. Auch bei den weiblichen Tieren dieser Gruppe war eine größere Anzahl intakter Mitochondrien mit geringeren Lebendmassezuwächsen verbunden.

Tab. 48: Korrelationen zwischen den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels und der Entwicklung der Lebendmasse bei 38,5 °C inkubierten weiblichen Tieren

Gewicht	n	Status 2	Status 3	Status 4	ADP/ O	RCR
Schlupfgewicht	28	0,003	-0,009	0,042	0,267	-0,14
Gewicht 2. Woche	28	-0,224	-0,224	-0,210	0,151	-0,025
Gewicht 4. Woche	28	-0,282	-0,287	-0,235	0,113	-0,128
Gewicht 6. Woche	28	-0,283	-0,289	-0,237	0,111	-0,125
Gewicht 8. Woche	28	-0,222	-0,236	-0,132	-0,187	-0,276
Gewicht 10. Woche	28	-0,203	-0,217	-0,115	0,177	<b>-0,272*</b>
Gewicht 12. Woche	28	0,001	0,018	0,124	<b>-0,435*</b>	-0,397
Gewicht 14. Woche	28	0,031	0,024	0,094	<b>-0,391*</b>	<b>-0,193*</b>

#### 4.5.2.1 Korrelationen zwischen den Merkmalen des mitochondrialen

##### Energiestoffwechsels und der embryonalen Atmungsaktivität in Bezug auf die variierenden Vorbrutbedingungen

Wie in den vorherigen Abschnitten werden auch hier die berechneten Korrelationen zwischen den genannten Merkmalen nach Geschlechtern getrennt dargestellt.

Für die männlichen Tiere der Gruppen 1 und 2 ergaben sich zwischen den beschriebenen Parametern größtenteils positive Beziehungen, wobei die Korrelationen zwischen embryonalem und mitochondrialem O<sub>2</sub>-Verbrauch bei der Gruppe 2 signifikant bis hochsignifikant waren (siehe Tab. 49). Bei der Betrachtung der Höhe der errechneten Werte ergaben sich für die Gruppe 2 im Vergleich zur Gruppe 1 in diesem Zusammenhang stärkere Korrelationen. Daraus folgt, dass Tiere mit einer höheren pränatalen Atmungsaktivität auch später einen stärkeren mitochondrialen Energiestoffwechsel aufweisen.

Hingegen wurden für die männlichen Enten der Gruppe 3 überwiegend negative Verbindungen zwischen den entsprechenden Merkmalen ermittelt. Hier war ein höherer embryonaler Sauerstoffverbrauch negativ mit der Atmungsaktivität in Status 2-4 gekoppelt. Positiv mit der Atmungsintensität im Embryonalstadium waren die Höhe des ADP/ O-Quotienten und im Vergleich zu den Gruppen 1 und 2 auch die Höhe des Respiratorischen

Kontrollwertes korreliert, was sich aber statistisch nicht absichern ließ. Ein höherer embryonaler Sauerstoffverbrauch war demnach bei der Gruppe 3 verbunden mit einer geringeren mitochondrialen Atmungsintensität, gleichzeitig aber gekoppelt mit einer effizienteren oxidativen Phosphorylierung und einem größeren Anteil intakter Mitochondrien. Die Halothaneinwirkung brachte keine deutlichen Unterschiede im Hinblick auf die ermittelten Korrelationen hervor (siehe Tab. 49).

Tab. 49: Korrelationen zwischen den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels und dem embryonalen Sauerstoffverbrauch im Zusammenhang mit den verschiedenen Vorbrutbedingungen bei den männlichen Tieren

Vorbrutbedingungen	n	Status 2	Status 3	Status 4	ADP/ O	RCR
Gruppe 1 (36,5 °C)	18	0,198	0,187	0,245	0,131	-0,035
Gruppe 2 (37,5 °C)	19	<b>0,502*</b>	<b>0,488*</b>	<b>0,582**</b>	0,291	-0,202
Gruppe 3 (38,5 °C)	28	0,17	-0,166	-0,18	0,157	0,013
Halothan ja	31	0,147	0,138	0,206	0,348	-0,117
Halothan nein	34	0,175	0,172	0,181	0,157	-0,007

Bei der Betrachtung der für die weiblichen Probanden ermittelten Beziehungen zwischen den beschriebenen Merkmalen wurden für die bei suboptimalen Vorbruttemperaturen inkubierten Probanden (Gruppe 1 und 3) nahezu ausschließlich positive Korrelationen errechnet, wobei die stärkeren Verbindungen bei der Gruppe 1 bestimmt wurden. Ein negativer Zusammenhang konnte hier nur bei den weiblichen Tieren der Gruppe 3 zwischen dem embryonalen Sauerstoffverbrauch und der Atmungsaktivität in Status 4 errechnet werden. Im Vergleich zu den beiden anderen Gruppen war bei den weiblichen Enten der Gruppe 3 eine höhere embryonale Atmungsaktivität gekoppelt mit einem schwächeren mitochondrialen Energiestoffwechsel.

Die Behandlung der weiblichen Tiere mit dem Inhalationsnarkotikum wirkte sich in der Weise aus, dass die behandelten Enten mit höherem O<sub>2</sub>-Verbrauch im Embryonalstadium später eine geringere mitochondriale Atmungsaktivität realisierten. Unbehandelte Probanden mit höherem embryonalen Sauerstoffverbrauch zeigten hingegen auch später höhere mitochondriale Atmungsintensitäten. Die Effizienz der oxidativen Phosphorylierung war bei unbehandelten Tieren negativ mit dem embryonalen Sauerstoffverbrauch verbunden, während für die behandelten Tiere hier schwach positive Zusammenhänge bestimmt werden konnten. Statistisch signifikant waren diese Beziehungen jedoch nicht (siehe Tab. 50).

Tab. 50: Korrelationen zwischen den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels und dem embryonalen Sauerstoffverbrauch im Zusammenhang mit den verschiedenen Vorbrutbedingungen bei den weiblichen Tieren

Vorbrutbedingungen	n	Status 2	Status 3	Status 4	ADP/ O	RCR
Gruppe 1 (36,5 °C)	16	0,120	0,121	0,103	0,320	0,073
Gruppe 2 (37,5 °C)	16	-0,013	-0,025	0,049	<b>-0,600*</b>	-0,181
Gruppe 3 (38,5 °C)	28	0,035	0,053	-0,086	0,062	<b>0,387*</b>
Halothan ja	30	-0,083	-0,081	-0,094	0,077	0,045
Halothan nein	30	0,164	0,169	0,098	-0,089	0,215

#### 4.5.2.2 Korrelationen zwischen den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels und der Lebendmasseentwicklung in Bezug auf die Halothanbehandlung

Nachfolgend soll dargestellt werden, inwieweit die genannten Parameter unter dem Einfluss der Halothaneinwirkung miteinander korreliert sind. Auch hier unterschieden sich die errechneten Zusammenhänge, wie bereits erläutert, zwischen den männlichen und weiblichen Probanden, so dass die einzelnen Korrelationen nach Geschlechtern getrennt aufgeführt werden.

Die für die männlichen Tiere berechneten Zusammenhänge zwischen den genannten Merkmalen differierten aufgrund der Halothanbehandlung nur geringfügig (siehe Tab. 51 u. 52), während die Korrelationen der behandelten und unbehandelten weiblichen Enten teilweise unterschiedlich ausgerichtet waren. Die hier bestimmten Zusammenhänge waren allerdings nicht statistisch signifikant.

Tab. 51: Korrelationen zwischen den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels und der Entwicklung der Lebendmasse bei halothanbehandelten männlichen Enten

Gewicht	n	Status 2	Status 3	Status 4	ADP/ O	RCR
Schlupfgewicht	31	-0,122	-0,132	-0,044	-0,12	-0,243
Gewicht 2. Woche	31	0,009	-0,007	0,115	0,161	-0,277
Gewicht 4. Woche	31	-0,123	-0,136	-0,028	0,090	-0,275
Gewicht 6. Woche	31	-0,120	-0,134	-0,025	0,112	-0,273
Gewicht 8. Woche	31	-0,185	-0,198	-0,084	-0,059	-0,315
Gewicht 10. Woche	31	-0,184	-0,197	-0,082	-0,089	-0,321
Gewicht 12. Woche	31	0,059	0,049	0,121	-0,071	-0,169
Gewicht 14. Woche	31	0,075	0,072	0,090	-0,113	-0,041

Tab. 52: Korrelationen zwischen den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels und der Entwicklung der Lebendmasse bei nicht halothanisierten männlichen Enten

Gewicht	n	Status 2	Status 3	Status 4	ADP/ O	RCR
Schlupfgewicht	34	-0,051	-0,070	0,072	0,230	-0,331
Gewicht 2. Woche	34	-0,017	-0,033	0,080	-0,051	-0,267
Gewicht 4. Woche	34	-0,064	-0,078	0,026	-0,047	-0,243
Gewicht 6. Woche	34	-0,059	-0,074	0,035	-0,042	-0,256
Gewicht 8. Woche	34	-0,065	0,050	0,155	-0,009	-0,222
Gewicht 10. Woche	34	0,038	0,025	0,124	-0,020	-0,212
Gewicht 12. Woche	34	-0,164	-0,187	-0,050	-0,007	-0,446
Gewicht 14. Woche	34	-0,143	-0,151	0,084	0,151	-0,173

Bei den behandelten weiblichen Tieren ergaben sich zwischen der Effizienz der oxidativen Phosphorylierung und der Entwicklung der Lebendmasse bis zur 6. Lebenswoche positive Beziehungen, während für den nachfolgenden Mastabschnitt dann negative Zusammenhänge berechnet wurden. Im Vergleich dazu war die Lebendmasseentwicklung der unbehandelten Tiere schon von der 2. Lebenswoche an negativ mit der Effizienz der oxidativen Phosphorylierung gekoppelt. Zusätzlich wurden unterschiedliche Korrelationen zwischen der Gewichtsentwicklung und dem Respiratorischen Kontrollwert ermittelt. Behandelte Tiere mit höheren Respiratorischen Kontrollwerten realisierten über die gesamte Mastperiode hinweg geringere Zunahmen. Unbehandelte Enten mit einer größeren Anzahl funktionsfähiger Mitochondrien nahmen zunächst stärker zu, erst im letzten Mastabschnitt wurden negative Beziehungen zwischen den genannten Merkmalen bestimmt (siehe Tab. 53 u. 54).

Weiterhin realisierten behandelte weibliche Enten mit einem geringeren Wirkungsgrad der oxidativen Phosphorylierung in der ersten Hälfte der Mast höhere Gewichtszuwächse als Tiere mit einer effizienteren oxidativen Phosphorylierung. Hingegen wurden derartige Zusammenhänge bei unbehandelten Tieren über die gesamte Mastdauer bestimmt.

Auch hier konnten die berechneten Verbindungen nicht statistisch abgesichert werden.

Tab. 53: Korrelationen zwischen den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels und der Entwicklung der Lebendmasse bei halothanbehandelten weiblichen Enten

Gewicht	n	Status 2	Status 3	Status 4	ADP/ O	RCR
Schlupfgewicht	30	0,111	0,112	0,107	0,246	-0,032
Gewicht 2. Woche	30	0,026	0,016	0,082	0,264	-0,174
Gewicht 4. Woche	30	-0,002	-0,016	0,078	0,193	-0,250
Gewicht 6. Woche	30	0,004	-0,010	0,083	0,196	-0,247
Gewicht 8. Woche	30	0,070	0,055	0,153	-0,027	-0,271
Gewicht 10. Woche	30	0,083	0,069	0,161	-0,051	-0,259
Gewicht 12. Woche	30	0,191	0,175	0,271	-0,292	-0,292
Gewicht 14. Woche	30	0,144	0,135	0,185	-0,237	-0,162

Tab. 54: Korrelationen zwischen den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels und der Entwicklung der Lebendmasse bei nicht halothanisierten weiblichen Enten

Gewicht	n	Status 2	Status 3	Status 4	ADP/ O	RCR
Schlupfgewicht	30	0,140	0,134	0,166	0,253	-0,052
Gewicht 2. Woche	30	0,203	0,204	0,188	-0,063	0,079
Gewicht 4. Woche	30	0,141	0,142	0,131	-0,074	0,060
Gewicht 6. Woche	30	0,140	0,140	0,128	-0,073	0,063
Gewicht 8. Woche	30	0,049	0,051	0,028	0,006	0,081
Gewicht 10. Woche	30	0,032	0,034	0,015	0,016	0,071
Gewicht 12. Woche	30	0,078	0,070	0,126	-0,059	-0,127
Gewicht 14. Woche	30	0,113	0,108	0,139	-0,057	-0,059

#### 4.5.2.3 Zusammenhänge zwischen der Höhe der Vorbruttemperatur und den Parametern des mitochondrialen Energiestoffwechsels

Die Höhe der Vorbruttemperatur war bei den männlichen Tieren positiv mit dem Sauerstoffverbrauch der Mitochondrien vor der Zugabe des ADP's, während und nach der vollständigen Umsetzung desselben (Status 2-4) und der Effizienz der oxidativen Phosphorylierung verbunden. Lediglich der Grad der Funktionalität der Mitochondrien nahm mit steigenden Vorbruttemperaturen ab. Statistisch absichern ließen sich diese Zusammenhänge nicht. Im Vergleich dazu waren bei den weiblichen Probanden mit Ausnahme des ADP/ O-Quotienten die übrigen Parameter negativ mit der Höhe der Vorbruttemperatur verbunden. Hier waren höhere Vorbruttemperaturen mit einem geringeren O<sub>2</sub>-Verbrauch in Status 2-4 und weniger intakten Mitochondrien gekoppelt. Der Wirkungsgrad der oxidativen Phosphorylierung nahm hingegen ähnlich wie bei den männlichen Enten mit zunehmenden Vorbruttemperaturen zu (siehe Tab. 55).

#### 4.5.2.4 Zusammenhänge zwischen der Halothaneinwirkung und den Parametern des mitochondrialen Energiestoffwechsels

Die Halothanbehandlung beeinflusste die genannten Parameter wie folgt. Bei den männlichen Tieren konnten hier ausschließlich negative Beziehungen bestimmt werden. Mit dem Inhalationsnarkotikum behandelte Tiere wiesen danach eine höhere Stoffwechselaktivität mit einem größeren Anteil an intakten Mitochondrien auf.

Im Gegensatz zu den für die männlichen Probanden bestimmten Beziehungen wurden bei den weiblichen Tieren ausschließlich positive Zusammenhänge zwischen den beschriebenen Merkmalen bestimmt. Die unbehandelten Tiere waren den behandelten in Bezug auf die

beschriebenen Parameter überlegen. Statistisch ließen sich diese Beziehungen jedoch weder für die männlichen noch für die weiblichen Enten absichern (siehe Tab. 55).

Tab. 55: Zusammenhänge zwischen den Vorbrutbedingungen und den Parametern des mitochondrialen Energiestoffwechsels

Brutbedingung	Sex	n	Status 2	Status 3	Status 4	ADP/ O	RCR
Temp. 1-3	1	65	0,085	0,076	0,122	0,173	0,093
Temp. 1-3	2	60	-0,048	-0,052	-0,029	0,032	-0,065
Halothan 1-2	1	65	-0,069	-0,071	-0,053	-0,076	-0,047
Halothan 1-2	2	60	0,045	0,046	0,033	0,094	0,025

36,5 °C = **1** männlich = **1** halothanbehandelt = **1**

37,5 °C = **2** weiblich = **2** unbehandelt = **2**

38,5 °C = **3**

#### 4.6 Ergebnisse zu den bestimmten Schilddrüsenhormonkonzentrationen

##### (T<sub>4</sub>-frei und T<sub>4</sub>-gesamt) im Blutplasma

Mit Hilfe einer Varianzanalyse sollte geklärt werden, inwieweit die Konzentrationen des freien bzw. des gesamten Thyroxins im Blutplasma durch das Geschlecht und die Vorbrutbedingungen (Höhe der Vorbruttemperatur und halothanbehandelt bzw. unbehandelt) beeinflusst wird (siehe Tab. 56, 57 u. 58 u. Abb. 22 u. 23).

Zunächst wurde in diesem Zusammenhang der Einfluss des Geschlechts auf die Thyroxinkonzentrationen im Blutplasma untersucht. Hierbei konnten bezüglich der Konzentrationen des freien sowie des gesamten Schilddrüsenhormons signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern bestimmt werden. Für die weiblichen Tiere wurden dabei, verglichen mit den männlichen Probanden signifikant höhere Thyroxingehalte ermittelt. Im folgenden wurde daher der Einfluss der Vorbrutbedingungen nach Geschlechtern getrennt berechnet. Bezüglich des Effektes der Halothanbehandlung konnten weder bei den männlichen noch bei den weiblichen Enten signifikante Differenzen zwischen den Hormonkonzentrationen errechnet werden. Die männlichen, unbehandelten Tiere wiesen danach geringfügig höhere Thyroxingehalte (frei und gesamt) auf. Bei den weiblichen Probanden waren diese Konzentrationsunterschiede deutlicher ausgeprägt, hier ergaben sich zwischen den Gehalten der behandelten und unbehandelten Tiere Unterschiede, die sich mit  $p = 0,069$  nahe der Signifikanzgrenze bewegten. Auch hier zeigten die unbehandelten Probanden höhere T<sub>4</sub>-Konzentrationen (frei und gesamt) als die halothanbehandelten (siehe Tab. 56 u. 57). Aufgrund des nicht signifikanten bzw. des sich lediglich nahe der Signifikanzschwelle bewegenden Effektes der Halothanbehandlung, wurde der Einfluss der Vorbruttemperatur auf die Konzentration des T<sub>4</sub>-frei und gesamt im Blutplasma nach Geschlechtern

getrennt für behandelte und unbehandelte Tiere zusammen berechnet, um so mit einem größeren Stichprobenumfang gegebenenfalls deutlichere Aussagen treffen zu können.

Bei den männlichen Enten wurden die höchsten Hormongehalte (frei wie auch gesamt) bei Optimaltemperatur (Gruppe 2) inkubierten Probanden bestimmt. Bezüglich des Gesamtthyroxins und des freien Thyroxins wiesen die männlichen Tiere der Gruppe 1 (36,5 °C Vorbruttemperatur) die geringsten Hormonkonzentrationen auf, wobei sich diese temperaturbedingten Unterschiede statistisch lediglich für das freie Thyroxin absichern ließen. Im Vergleich dazu wurden die höchsten Konzentrationen an freiem Thyroxin bei der Gruppe 2 (37,5 °C Vorbruttemperatur) bestimmt. Die hier bestimmte Konzentration an T<sub>4</sub>-frei war signifikant höher als jene, die bei alternativen Bruttemperaturen bebrüteten Enten ermittelt werden konnten (siehe Tab.56 u. 58 sowie Abb. 22 u. 23).

Tab. 56: Gesamtthyroxin (T<sub>4</sub>-gesamt) und ungebundenes Thyroxin (T<sub>4</sub>-frei) bei männlichen Enten unter Berücksichtigung der Vorbrutbedingungen

Merkmal	Thyroxin (gesamt) in µg/ dl Blutplasma		Thyroxin (frei) in ng/ dl Blutplasma
	n	männlich	männlich
Vorbruttemp.		LSQ/ SE	LSQ/ SE
36,5 °C	17	210,18/ 23,98	0,31/ 0,11
37,5 °C	17	245,45/ 23,31	0,39/ 0,13
38,5 °C	28	237,60/ 18,02	0,32/ 0,08
Halothan ja	31	230,99/ 17,50	0,32/ 0,02
Halothan nein	31	231,17/ 18,07	0,36/ 0,02

Ähnliche Ergebnisse wurden für die weiblichen Probanden bestimmt. Wie bei den männlichen Enten zeigten die weiblichen Tiere der Gruppe 1 die geringsten Gehalte an Thyroxin (gesamt u. frei) im Blutplasma. Die hier bestimmten Werte waren dabei im Vergleich zu den Konzentrationen, die bei den Tieren der Gruppe 2 (37,5 °C Vorbruttemperatur) gemessen wurden, signifikant geringer (siehe Tab. 57 u. 58 sowie Abb. 22 u. 23).

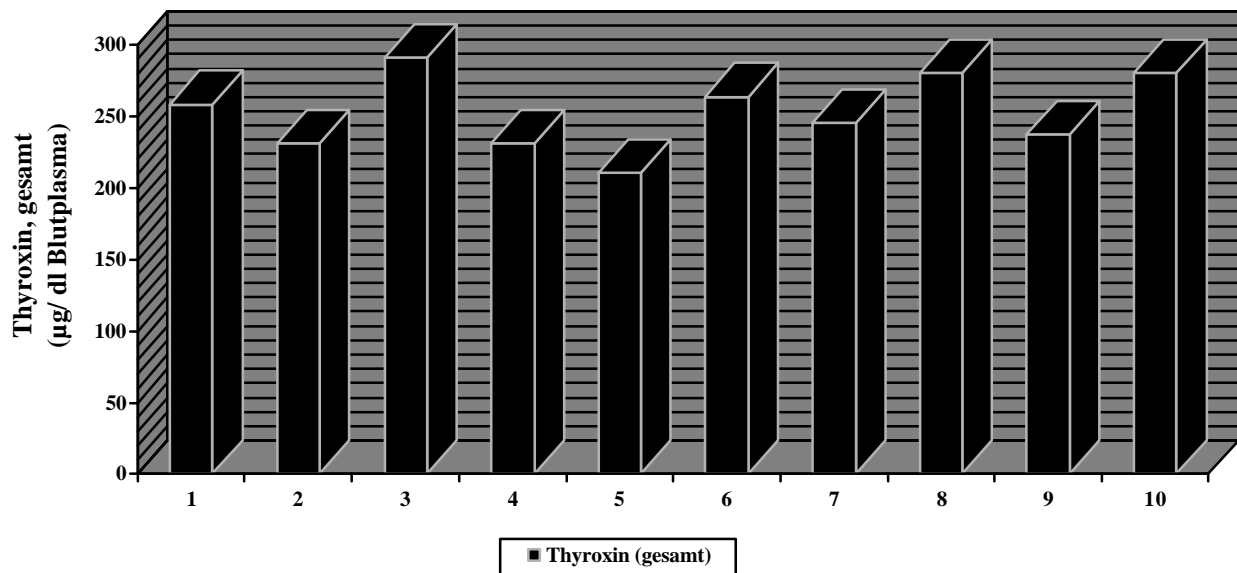
Tab. 57: Gesamtthyroxingehalte und Konzentrationen ungebundenen Thyroxins (T<sub>4</sub>-frei) im Blutplasma weiblicher Enten unter Berücksichtigung der Vorbrutbedingungen

Merkmal	Thyroxin (gesamt) in µg/ dl Blutplasma		Thyroxin (frei) in ng/ dl Blutplasma
	n	weiblich	weiblich
Vorbruttemp.		LSQ/ SE	LSQ/ SE
36,5 °C	15	263,78/ 31,65	0,33/ 0,03
37,5 °C	16	280,21/ 30,55	0,43/ 0,03
38,5 °C	26	280,51/ 23,95	0,38/ 0,03
Halothan ja	29	258,26/ 23,28	0,35/ 0,25
Halothan nein	28	291,41/ 23,30	0,41/ 0,25



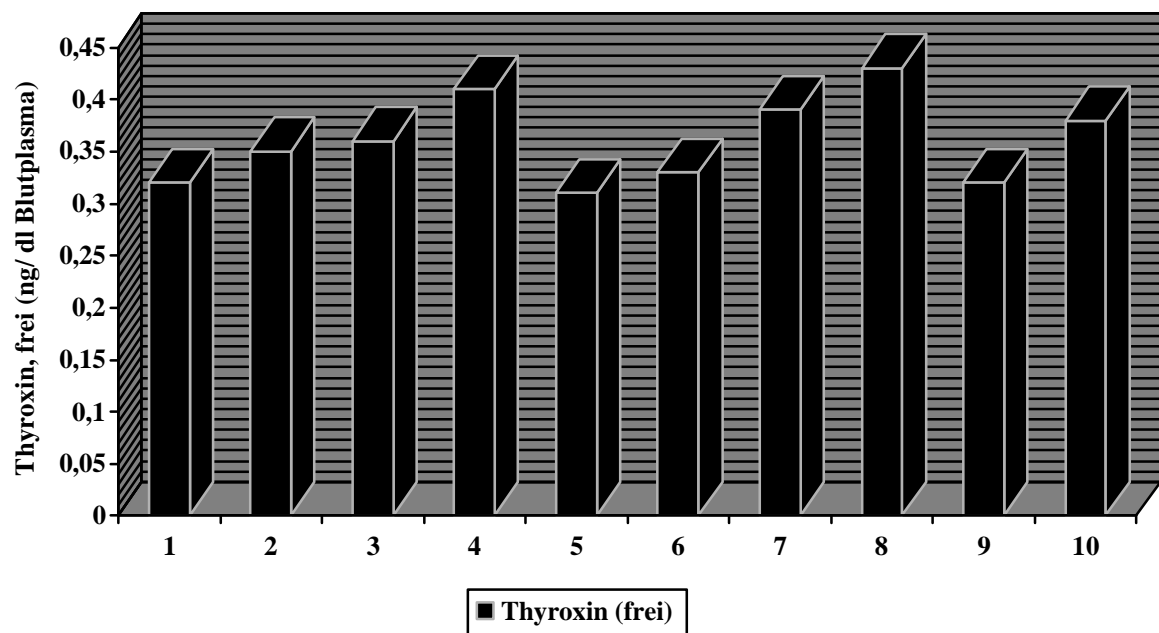
Tab. 58: Signifikanzniveaus zu den Einflüssen der Vorbrutbedingungen auf Schilddrüsenhormonkonzentrationen (T<sub>4</sub>-gesamt und frei)

Merkmal	T <sub>4</sub> -gesamt	T <sub>4</sub> -frei
Vorbrutbedingung		
Halothan ja/ nein männlich	p = 0,994	p = 0,115
Halothan ja/ nein weiblich	p = 0,314	p = 0,069
36,5°/ 37,5° männlich	p = 0,307	p = 0,151
36,5°/ 38,5° männlich	p = 0,327	p = 0,788
37,5°/ 38,5° männlich	p = 0,790	<b>p = 0,049*</b>
36,5°/ 37,5° weiblich	p = 0,711	<b>p = 0,025*</b>
36,5°/ 38,5° weiblich	p = 0,676	p = 0,190
37,5°/ 38,5° weiblich	p = 0,994	p = 0,212



1 = halothanbehandelt männl.      2 = halothanbehandelt weibl.      3 = unbehandelt männl.  
 4 = unbehandelt weibl.      5 = männlich Temp. 36,5 °C      6 = weibl.Temp. 36,5 °C  
 7 = männl. Temp. 37,5 °C      8 = weibl. Temp. 37,5 °C      9 = männl. Temp. 38,5 °C  
 10 = weibl. Temp. 38,5 °

Abb. 22: Darstellung zum Gesamtthyroxingehalt im Blutplasma unter Berücksichtigung von Geschlecht und Brutbedingungen



1 = halothanbehandelt männl.      2 = halothanbehandelt weibl.      3 = unbehandelt männl.  
 4 = unbehandelt weibl.      5 = männlich Temp. 36,5 °C      6 = weibl.Temp. 36,5 °C  
 7 = männl. Temp. 37,5 °C      8 = weibl. Temp. 37,5 °C      9 = männl. Temp. 38,5 °C  
 10 = weibl. Temp. 38,5 °C

Abb. 23: Darstellung zum Gehalt freien Thyroxins im Blutplasma in Abhängigkeit von Brutregime und Geschlecht

#### 4.6.1 Korrelationen zwischen der Gesamtthyroxinkonzentration und der embryonalen Atmungsaktivität unter Berücksichtigung der Vorbruttemperatur

In Abhängigkeit von der Höhe der Vorbruttemperatur wurden die nachfolgend aufgeführten Korrelationen zwischen den oben genannten Merkmalen berechnet. Für die männlichen wie auch für die weiblichen Enten der Gruppe 1 (36,5 °C Vorbruttemperatur) wurden in diesem Zusammenhang positive Korrelationen ermittelt. Eine stärkere pränatale Atmungsintensität war hier verbunden mit einer höheren Gesamtthyroxinkonzentration. Im Vergleich dazu ergaben sich bei den männlichen Enten der Gruppen 2 und 3 (37,5 °C und 38,5 °C Vorbruttemperatur) negative Verbindungen. Bei diesen Temperaturen bebrütete männliche Probanden mit einer höheren embryonalen Atmungsintensität zeigten geringere Gesamtthyroxingehalte im Blutplasma.

Während für die bei Optimaltemperatur inkubierten weiblichen Tiere mit ausgeprägterem embryonalen  $O_2$ -Verbrauch, höhere  $T_4$ -Gesamtkonzentrationen gemessen werden konnten, ergaben sich in diesem Zusammenhang bei den weiblichen Enten der Gruppe 3 negative Beziehungen. Statistisch absichern ließen sich diese Ergebnisse allerdings weder für die männlichen noch für weiblichen Enten der verschiedenen Temperaturgruppen (siehe Tab. 59).

#### **4.6.1.1 Korrelationen zwischen der Gesamtthyroxinkonzentration und der embryonalen Atmungsaktivität in Bezug auf die Halothanbehandlung**

Die Behandlung mit dem Inhalationsnarkotikum beeinflusste die errechneten Korrelationen nur geringfügig, lediglich bei den unbehandelten weiblichen Enten war die Beziehung zwischen pränataler Atmung und der  $T_4$ -Gesamtkonzentration stärker ausgeprägt als bei behandelten weiblichen Probanden (siehe Tab. 59).

#### **4.6.1.2 Korrelationen zwischen der Konzentration freien Thyroxins und der embryonalen Atmungsaktivität unter Berücksichtigung der Vorbruttemperatur**

Die embryonale Atmungsaktivität war mit Ausnahme der Korrelation, die für die männlichen Tiere der Gruppe 1 ermittelt wurden, ausschließlich positiv, bei den männlichen Enten der Gruppe 2 hochsignifikant positiv mit der Höhe der Konzentration des freien Thyroxins verbunden. Eine stärkere Atmungsintensität war gekoppelt mit höheren Gehalten an ungebundenem Thyroxin im Blutplasma (siehe Tab. 59).

#### **4.6.1.3 Korrelationen zwischen der Konzentration des freien Thyroxins und der embryonalen Atmungsaktivität in Bezug auf die Halothanbehandlung**

Auch hier beeinflusste die Halothanbehandlung die in diesem Zusammenhang berechneten Korrelationen nur dahingehend, dass bei den weiblichen behandelten Tieren stärker ausgeprägte, statistisch auch signifikante Beziehungen zwischen den beschriebenen Parametern ermittelt werden konnten (siehe Tab. 59).

Tab. 59: Korrelationen zwischen dem embryonalen O<sub>2</sub>-Verbrauch und den Thyroxinkonzentrationen (T<sub>4</sub>-frei und T<sub>4</sub>-gesamt) bei variierenden Vorbrutbedingungen

Vorbrutbedingungen	männlich			weiblich		
	n	T <sub>4</sub> -frei	T <sub>4</sub> -gesamt	n	T <sub>4</sub> -frei	T <sub>4</sub> -gesamt
Gruppe 1 (36,5 °C)	18	-0,015	0,199	16	0,423	0,356
Gruppe 2 (37,5 °C)	19	<b>0,633**</b>	-0,060	15	0,368	0,227
Gruppe 3 (38,5 °C)	28	0,155	-0,179	28	0,125	-0,156
Halothan ja	31	0,205	-0,007	30	<b>0,434*</b>	0,310
Halothan nein	34	0,271	-0,093	29	0,025	0,025

#### 4.6.1.4 Korrelationen zwischen der Konzentration von T<sub>4</sub>-frei und T<sub>4</sub>-gesamt im Blutplasma und den Parametern der mitochondrialen Atmungsaktivität unter Berücksichtigung der Vorbruttemperatur

Bei der Betrachtung des Gesamtthyroxingehaltes im Blutplasma in Verbindung mit den Parametern der mitochondrialen Atmung bei verschiedenen Vorbruttemperaturen wurden die folgenden Zusammenhänge berechnet.

Bei 36,5 °C bebrüteten männlichen Tieren war die Gesamtkonzentration des Thyroxins ausschließlich negativ mit den Parametern der mitochondrialen Atmung korreliert, wobei sich der Zusammenhang zwischen der Höhe der Effizienz der oxidativen Phosphorylierung und der Gesamtthyroxinkonzentration statistisch absichern ließ. Die männlichen Tiere, die eine stärkere mitochondriale Atmungsintensität und eine effizientere oxidative Phosphorylierung aufwiesen, zeigten demnach höhere Gesamtthyroxingehalte im Blutplasma.

Im Gegensatz zu den Zusammenhängen, die bei den männlichen Tieren ermittelt werden konnten, ergaben sich für die weiblichen Tiere der Gruppe 1 zwischen den genannten Merkmalen ausschließlich positive Zusammenhänge, die aber statistisch nicht signifikant waren. Hier war ein höherer Gesamtthyroxinspiegel verbunden mit einer höheren mitochondrialen Atmung und einer effizienteren oxidativen Phosphorylierung.

Bei den männlichen Tieren der Gruppe 1 (36,5 °C Vorbruttemperatur) war der Gehalt an freiem Thyroxin verbunden mit geringeren mitochondrialen Sauerstoffverbrauchswerten und einer weniger effizienten oxidativen Phosphorylierung. Nur der Respiratorische Kontrollquotient war hier positiv mit der Höhe der Konzentration des freien Thyroxins korreliert. Die männlichen Tiere, deren Blutplasma höhere Hormonkonzentrationen aufwies, zeigten einen eingeschränkteren mitochondrialen O<sub>2</sub>-Verbrauch, wobei sich der Zusammenhang zwischen dem Hormongehalt und dem Sauerstoffverbrauch in Status 4 auch statistisch absichern ließ (siehe Tab. 60).

Für die weiblichen Tiere dieser Gruppe wurden analog zu den Korrelationen der männlichen Tiere negative Beziehungen zwischen der mitochondrialen Atmung und der Konzentration freien Thyroxins errechnet. Hingegen war die Höhe des ADP/ O-Quotienten und des Respiratorischen Kontrollwertes positiv mit der Hormonkonzentration korreliert. Höhere Hormonspiegel waren danach verbunden mit einer effizienter ablaufenden oxidativen Phosphorylierung und einer größeren Menge intakter Mitochondrien (siehe Tab. 60).

Tab. 60: Korrelationen zwischen den Konzentrationen von T<sub>4</sub>-frei u. T<sub>4</sub>-gesamt und dem mitochondrialen Energiestoffwechsel bei einer Vorbruttemperatur von 36,5 °C

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	T <sub>4</sub> -frei	T <sub>4</sub> -gesamt	n	T <sub>4</sub> -frei	T <sub>4</sub> -gesamt
Status 2	18	-0,437	-0,301	16	-0,100	0,135
Status 3	18	-0,423	-0,314	16	-0,083	0,147
Status 4	18	<b>-0,517*</b>	-0,192	16	-0,200	0,047
ADP/ O	18	-0,035	<b>-0,569*</b>	16	0,025	0,361
RCR	18	0,011	-0,401	16	0,269	0,262

Bei den bei Optimaltemperatur bebrüteten männlichen Enten (Gruppe 2) war der mitochondriale O<sub>2</sub>-Verbrauch nach der Succinatzugabe (Status 2), nach der Zugabe von ADP (Status 3) und nach der vollständigen Umsetzung des ADP's (Status 4) negativ korreliert mit der Höhe der Gesamtthyroxinkonzentration. Die Effizienz der oxidativen Phosphorylierung und der Grad der Intaktheit der Mitochondrien war dagegen positiv mit der Höhe der Hormonkonzentration verbunden. Die männlichen Tiere mit höheren T<sub>4</sub>-Gesamtkonzentrationen im Blutplasma zeigten demnach einen geringeren mitochondrialen Sauerstoffverbrauch in Status 2-4, die Höhe des ADP/ O-Quotienten und der Respiratorische Kontrollwert standen jedoch in positivem Zusammenhang mit der Höhe der Gesamtthyroxinkonzentration.

Für die weiblichen Enten der Gruppe 2 (37,5 °C Vorbruttemperatur) waren die Merkmale der mitochondrialen Atmung mit Ausnahme des O<sub>2</sub>-Verbrauchs in Status 4 negativ korreliert mit der Höhe des Gesamtthyroxinspiegels. Höhere Hormongehalte waren hier überwiegend verbunden mit einer eingeschränkteren mitochondrialen Atmungsintensität, einer geringeren Effizienz der oxidativen Phosphorylierung und einem größeren Anteil geschädigter Mitochondrien. Statistisch belegt werden, konnten diese Ergebnisse jedoch nicht (siehe Tab. 61).

Ausschließlich positive Zusammenhänge ergaben sich zwischen den Parametern der mitochondrialen Stoffwechselaktivität und der Konzentration von freiem Thyroxin bei Optimaltemperatur inkubierten männlichen Enten (Gruppe 2).

Ein höherer Gehalt an ungebundenem Thyroxin im Blutplasma war verbunden mit einer stärkeren mitochondrialen Atmungsaktivität.

Im Gegensatz hierzu waren bei den weiblichen Enten die Parameter der mitochondrialen Atmung abgesehen von Status 4 negativ mit der Höhe der Thyroxinkonzentration korreliert. Weibliche Tiere mit höheren Gehalten freien Thyroxins zeigten demnach einen geringeren mitochondrialen Sauerstoffverbrauch, eine ineffizientere oxidative Phosphorylierung und weniger intakte Mitochondrien (siehe Tab. 61).

Tab. 61: Korrelationen zwischen den Konzentrationen von T<sub>4</sub>-frei u. T<sub>4</sub>-gesamt und dem mitochondrialen Energiestoffwechsel bei einer Vorbruttemperatur von 37,5 °C

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	T <sub>4</sub> -frei	T <sub>4</sub> -gesamt	n	T <sub>4</sub> -frei	T <sub>4</sub> -gesamt
Status 2	19	0,163	-0,094	15	-0,083	-0,005
Status 3	19	0,160	-0,081	15	-0,100	-0,019
Status 4	19	0,175	-0,175	15	0,023	0,084
ADP/ O	19	0,001	0,074	15	-0,180	-0,059
RCR	19	0,273	0,247	15	-0,315	-0,250

Bei männlichen Tieren der Gruppe 3 (38,5 °C Vorbruttemperatur) mit höheren Gesamtthyroxinkonzentrationen im Blutplasma konnte eine ausgeprägtere mitochondriale Atmung und eine effizientere oxidative Phosphorylierung bestimmt werden, während der Respiratorische Kontrollquotient in negativem Zusammenhang mit der Gesamtthyroxinkonzentration stand (siehe Tab. 62).

Für die weiblichen Enten konnten ähnlich gerichtete Zusammenhänge bestimmt werden. Unterschiede ergaben sich hier nur bezüglich der Höhe des ADP/ O-Quotienten und des Gesamtthyroxinspiegels.

Im Gegensatz zu den männlichen Tieren war bei den weiblichen Enten die Effizienz der oxidativen Phosphorylierung negativ mit der Höhe der Hormonkonzentration verbunden. Weibliche Probanden mit höheren Thyroxinspiegeln im Blutplasma wiesen verglichen mit den männlichen Enten abnehmende ADP/ O-Quotienten auf. Auch diese Zusammenhänge waren allerdings nicht statistisch signifikant (siehe Tab. 62).

Bezüglich des freien Thyroxins ergaben sich für die Tiere der Gruppe 3 (38,5 °C Vorbruttemperatur) folgende Korrelationen. Männliche Tiere dieser Gruppe mit höheren Gehalten ungebundenen Thyroxins zeigten einen verringerten mitochondrialen Sauerstoffverbrauch, weniger funktionsfähige Mitochondrien, aber eine effizientere oxidative Phosphorylierung.

Die mitochondriale Atmungsaktivität war auch bei den weiblichen Probanden dieser Gruppe positiv mit dem Gesamtthyroxingehalt verbunden. Die Höhe des ADP/ O-Quotienten war im Vergleich zu den Zusammenhängen bei den männlichen Tieren negativ mit höheren Konzentrationen ungebundenen Thyroxins korreliert. Ein höheres Maß an intakten Mitochondrien war hier verbunden mit einer ausgeprägteren Thyroxinkonzentration (siehe Tab. 62).

Tab. 62: Korrelationen zwischen der Konzentration von T<sub>4</sub>-frei u. T<sub>4</sub>-gesamt und dem mitochondrialen Energiestoffwechsel bei einer Vorbruttemperatur von 38,5 °C

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	T <sub>4</sub> -frei	T <sub>4</sub> -gesamt	n	T <sub>4</sub> -frei	T <sub>4</sub> -gesamt
Status 2	28	-0,132	0,037	28	-0,089	0,142
Status 3	28	-0,125	0,034	28	-0,080	0,129
Status 4	28	-0,160	0,049	28	-0,134	0,212
ADP/ O	28	0,086	0,239	28	-0,061	-0,131
RCR	28	-0,057	-0,002	28	0,153	-0,230

#### 4.6.1.5 Korrelationen zwischen der Gesamtthyroxinkonzentration und den Merkmalen der mitochondrialen Atmungsaktivität in Bezug auf die Halothanbehandlung

Die Zusammenhänge, die für die halothanbehandelten männlichen Tiere zwischen den genannten Parametern errechnet werden konnten, vornehmlich negativ. Höhere mitochondriale O<sub>2</sub>-Verbräuche waren verbunden mit eingeschränkten Thyroxingehalten. Bei den unbehandelten Tieren ergaben sich zwischen den entsprechenden Parametern dagegen nur positive Verbindungen. Hier waren die Merkmale der mitochondrialen Atmung mit höheren Thyroxingehalten im Blutplasma verbunden.

Verglichen mit den Zusammenhängen, die für die männlichen Probanden errechnet werden konnten, unterschieden sich die Korrelationen zwischen den beschriebenen Parametern bei den behandelten und unbehandelten weiblichen Tieren nur in Bezug auf die Kopplung zwischen der Intaktheit der Mitochondrien und der Gesamtthyroxinkonzentration. Sämtliche weibliche Enten mit einem stärkeren mitochondrialen O<sub>2</sub>-Verbrauch wiesen auch höhere Thyroxingehalte auf. Die Effizienz der oxidativen Phosphorylierung war bei beiden Gruppen, d.h. behandelt wie unbehandelt, negativ mit der Höhe der Hormonkonzentration korreliert. Tiere mit ausgeprägteren Thyroxingehalten im Blutplasma verfügten über eine weniger effiziente oxidative Phosphorylierung.

Der Respiratorische Kontrollquotient als Maß für die Intaktheit der Mitochondrien war bei der behandelten Gruppe negativ mit der Hormonkonzentration verbunden. Im Vergleich dazu ergaben sich hier bei den unbehandelten Tieren positive Zusammenhänge. Auch diese Korrelationen ließen sich jedoch nicht statistisch absichern (siehe Tab. 63 u. 64).

#### **4.6.1.6 Korrelationen zwischen der Konzentration ungebundenen Thyroxins im Blutplasma und den Parametern der mitochondrialen Atmungsaktivität unter dem Einfluss der Halothanbehandlung**

Bei dem Vergleich der berechneten Zusammenhänge von behandelten und unbehandelten männlichen Probanden konnten Unterschiede nur in Bezug auf die Korrelation zwischen dem Respiratorischen Kontrollwert und der Höhe des Hormonspiegels ermittelt werden. Unabhängig von der Behandlung mit dem Inhalationsnarkotikum war bei dem männlichen Tiermaterial der mitochondriale O<sub>2</sub>-Verbrauch verbunden mit geringeren Thyroxinkonzentrationen. Hingegen ergaben sich behandlungsunabhängig positive Zusammenhänge zwischen der Höhe des ADP/ O-Quotienten und der T<sub>4</sub>-Konzentration. Der Respiratorische Kontrollwert war dagegen bei den behandelten Tieren schwach negativ mit dem Hormongehalt verbunden, während sich bei unbehandelten Enten in diesem Zusammenhang positive Verbindungen berechnen ließen (siehe Tab. 63 u. 64).

Bei der Betrachtung der Korrelationen zwischen den betreffenden Parametern, die für die weiblichen Tiere bestimmt werden konnten, zeigten sich hier im Vergleich zu den männlichen Tieren behandlungsbedingt nahezu gegensätzliche Verbindungen. Während der mitochondriale Sauerstoffverbrauch bei behandelten Enten positiv mit der Menge ungebundenen Thyroxins im Blutplasma korrelierte, standen diese beiden Merkmale bei unbehandelten Tieren in negativem Zusammenhang. Korrelationen unterschiedlicher Ausrichtung wurden auch zwischen dem Respiratorischen Kontrollwert und der Thyroxinkonzentration ermittelt. Hier zeigten die behandelten Probanden bei höheren Hormongehalten im Blutplasma weniger intakte Mitochondrien. Die Effizienz der oxidativen Phosphorylierung war dagegen bei unbehandelten wie auch bei behandelten weiblichen Tieren verbunden mit abnehmenden Thyroxinkonzentrationen. Die in diesem Zusammenhang bestimmten Ergebnisse ließen sich jedoch weder für die männlichen noch für die weiblichen Enten statistisch absichern (siehe Tab. 63 u. 64).



Tab. 63: Korrelationen zwischen den Thyroxinkonzentrationen (T<sub>4</sub>-frei u. T<sub>4</sub>-gesamt) und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels ohne Halothanbehandlung

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	T <sub>4</sub> -frei	T <sub>4</sub> -gesamt	n	T <sub>4</sub> -frei	T <sub>4</sub> -gesamt
Status 2	34	-0,104	0,068	29	-0,172	0,054
Status 3	34	-0,095	0,071	29	-0,161	0,050
Status 4	34	-0,150	0,044	29	-0,232	0,071
ADP/ O	34	0,035	0,047	29	-0,063	-0,063
RCR	34	0,132	0,102	29	0,141	0,141

Tab. 64: Korrelationen zwischen den Thyroxinkonzentrationen (T<sub>4</sub>-frei u. T<sub>4</sub>-gesamt) und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels mit Halothanbehandlung

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	T <sub>4</sub> -frei	T <sub>4</sub> -gesamt	n	T <sub>4</sub> -frei	T <sub>4</sub> -gesamt
Status 2	31	-0,150	-0,222	29	0,079	0,121
Status 3	31	-0,147	-0,228	29	0,077	0,113
Status 4	31	-0,155	0,031	29	0,084	0,163
ADP/ O	31	0,118	-0,174	29	-0,070	-0,170
RCR	31	-0,005	-0,007	29	-0,019	-0,137

#### 4.6.1.7 Korrelationen zwischen der Konzentration des Schilddrüsenhormons im Blutplasma und der Entwicklung der Lebendmasse bei verschiedenen Vorbrutbedingungen

Da das Geschlecht die Höhe des Thyroxinspiegels signifikant beeinflusst, wurden wie auch in den vorangegangenen Abschnitten die folgenden Zusammenhänge nach Geschlechtern getrennt berechnet. Des weiteren sind die Verbindungen zwischen den genannten Merkmalen für die verschiedenen Vorbruttemperaturen und für behandelte bzw. unbehandelte Enten berechnet worden.

#### 4.6.1.8 Korrelationen zwischen dem Gehalt an T<sub>4</sub>-gesamt und T<sub>4</sub>-frei und der Lebendmasseentwicklung bei verschiedenen Vorbruttemperaturen

Bei den Tieren der Gruppe 1 (Vorbruttemperatur 36,5 °C) konnten für die männlichen wie auch für die weiblichen Tiere positive Zusammenhänge zwischen der Gewichtsentwicklung und der Gesamthormonkonzentration bestimmt werden, die sich bei den männlichen Enten auch statistisch absichern ließen. Größere Gewichtszuwächse waren hier verbunden mit zunehmenden Gesamtthyroxingehalten.

Zusätzlich zu den Zusammenhängen zwischen dem Gesamtthyroxingehalt und der Lebendmasseentwicklung wurden die Zusammenhänge zwischen der Konzentration freien Thyroxins und der Gewichtsentwicklung unter Berücksichtigung der Vorbruttemperatur bestimmt. Bei 36,5 °C bebrüteten Enten (Gruppe 1) wurden für die männlichen wie auch für die weiblichen positive Beziehungen zwischen den beschriebenen Merkmalen errechnet. Höhere Gehalte an freiem T<sub>4</sub> waren danach geschlechtsunabhängig mit einer stärkeren Lebendmasseentwicklung verbunden (siehe Tab. 65).

Tab. 65: Korrelationen zwischen den Thyroxinkonzentrationen (T<sub>4</sub>-frei u. T<sub>4</sub>-gesamt) und der Entwicklung der Lebendmasse bei einer Vorbruttemperatur von 36,5 °C

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	T <sub>4</sub> -frei	T <sub>4</sub> -gesamt	n	T <sub>4</sub> -frei	T <sub>4</sub> -gesamt
Schlupfgewicht	18	0,223	<b>0,506*</b>	16	0,203	0,465
Gewicht 2. Woche	18	0,097	0,416	16	0,143	0,062
Gewicht 4. Woche	18	0,196	<b>0,594*</b>	16	0,027	0,048
Gewicht 6. Woche	18	0,236	<b>0,583*</b>	16	0,042	0,064
Gewicht 8. Woche	18	0,200	<b>0,557*</b>	16	0,287	0,373
Gewicht 10. Woche	18	0,212	<b>0,556*</b>	16	0,307	0,392
Gewicht 12. Woche	18	0,327	<b>0,496*</b>	16	0,038	0,227
Gewicht 14. Woche	18	0,487	0,385	16	0,119	0,262

Verglichen mit der Gruppe 1 ergaben sich bei den männlichen Probanden der Gruppe 2 ausschließlich negative Verbindungen, die auch von der 2. bis zur 6. Lebenswoche statistisch signifikant waren (siehe Tab. 66).

Für die weiblichen Enten wurden dagegen ausschließlich positive Korrelationen zwischen den genannten Merkmalen bestimmt, was sich zum Teil auch statistisch belegen ließ. Bei den bei Optimaltemperatur inkubierten männlichen Probanden war eine höhere Hormonkonzentration mit geringeren Gewichtszunahmen verbunden, während weibliche Enten mit höheren T<sub>4</sub>-Gehalten im Blutplasma eine stärkere Gewichtsentwicklung realisierten.

Die für die männlichen Tiere der Gruppe 2 (37,5 °C Vorbruttemperatur) bestimmten Korrelationen zwischen dem T<sub>4</sub>-frei und der Lebendmasseentwicklung waren in der ersten Hälfte der Mast positiv, während sich für die zweite Hälfte der Mast negative Beziehungen berechnen ließen.

Für die weiblichen Enten dieser Gruppe wurden im Vergleich dazu ausschließlich positive Verbindungen zwischen den entsprechenden Parametern berechnet. Zu Beginn der Mast zeigten die männlichen Probanden mit ausgeprägteren Hormongehalten eine stärkere Gewichtsentwicklung, während in der zweiten Hälfte der Mast die Tiere mit höheren Konzentrationen freien Thyroxins im Blutplasma eingeschränkte Zunahmen realisierten.

Weibliche Tiere zeigten hingegen über die gesamte Mastperiode stärkere Gewichtsentwicklungen in Verbindung mit zunehmenden Hormonkonzentrationen (siehe Tab. 66).

Tab. 66: Korrelationen zwischen den Thyroxinkonzentrationen (T<sub>4</sub>-frei u. T<sub>4</sub>-gesamt) und der Entwicklung der Lebendmasse bei einer Vorbruttemperatur von 37,5 °C

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	T <sub>4</sub> -frei	T <sub>4</sub> -gesamt	n	T <sub>4</sub> -frei	T <sub>4</sub> -gesamt
Schlupfgewicht	19	0,088	-0,375	15	0,335	0,101
Gewicht 2. Woche	19	0,071	<b>-0,554*</b>	15	0,357	0,104
Gewicht 4. Woche	19	0,007	<b>-0,544*</b>	15	<b>0,559*</b>	0,298
Gewicht 6. Woche	19	0,006	<b>-0,550*</b>	15	<b>0,558*</b>	0,296
Gewicht 8. Woche	19	-0,115	-0,314	15	<b>0,561*</b>	0,295
Gewicht 10. Woche	19	-0,119	-0,339	15	<b>0,557*</b>	0,290
Gewicht 12. Woche	19	-0,045	-0,365	15	<b>0,564*</b>	<b>0,510*</b>
Gewicht 14. Woche	19	-0,099	-0,371	15	<b>0,533*</b>	0,483

Bei 38,5 °C Vorbruttemperatur konnten für die männlichen Tiere mit Ausnahme der Korrelationen, die für die 4. und 6. Lebenswoche bestimmt wurden, negative Verbindungen zwischen der Lebendmasseentwicklung und der Höhe des Thyroxinspiegels im Blutplasma errechnet werden, was sich allerdings nur für die letzte Lebenswoche statistisch belegen ließ (siehe Tab. 67).

Bei den weiblichen Enten ergaben sich bis zur 6. Lebenswoche negative und im zweiten Mastabschnitt dann positive Korrelationen, die jedoch nicht statistisch signifikant waren. Während bei den männlichen Tieren höhere T<sub>4</sub>-Gehalte überwiegend mit einer eingeschränkteren Lebendmasseentwicklung in Verbindung standen, waren zunehmende Hormonkonzentrationen bei den weiblichen Tieren in der ersten Masthälfte mit geringeren Gewichtszuwächsen verbunden, während in der zweiten Hälfte der Mast ausgeprägtere T<sub>4</sub>-Konzentrationen mit höheren Gewichtszunahmen in Zusammenhang standen.

Bei einer Vorbruttemperatur von 38,5 °C wurden bei den männlichen Tieren von der 2. bis zur 6. Lebenswoche positive Zusammenhänge zwischen der Entwicklung der Lebendmasse und der Konzentration freien Thyroxins ermittelt. In der zweiten Hälfte der Mast ergaben sich dann jedoch negative Beziehungen. Bei den weiblichen Enten dieser Gruppe wurden im Vergleich dazu nahezu gegensätzliche Zusammenhänge bestimmt. Demnach nahmen männliche Tiere mit einem höheren Gehalt an freiem Thyroxin im Blutplasma in der ersten Hälfte der Mast stärker zu, während in der zweiten Masthälfte die Tiere mit ausgeprägteren ungebundenen Hormongehalten geringere Lebendmassezunächse verzeichneten.

Bei den weiblichen Enten nahmen die Tiere mit einem höheren Hormonspiegel ( $T_4$ -frei) bis zur 6. Lebenswoche nur in eingeschränktem Maße zu, in der zweiten Masthälfte dagegen realisierten die Enten mit höheren Hormonspiegeln auch stärkere Gewichtszuwächse.

Statistisch zu belegen waren die in diesem Zusammenhang bestimmten Korrelationen weder für die männlichen noch für die weiblichen Probanden der einzelnen Gruppen.

Tab. 67: Korrelationen zwischen den Thyroxinkonzentrationen ( $T_4$ -frei u.  $T_4$ -gesamt) und der Entwicklung der Lebendmasse bei einer Vorbruttemperatur von 38,5 °C

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	$T_4$ -frei	$T_4$ -gesamt	n	$T_4$ -frei	$T_4$ -gesamt
Schlupfgewicht	28	-0,042	-0,088	28	0,005	-0,118
Gewicht 2. Woche	28	0,014	-0,020	28	-0,008	-0,029
Gewicht 4. Woche	28	0,069	0,019	28	-0,012	-0,038
Gewicht 6. Woche	28	0,088	0,019	28	-0,019	-0,039
Gewicht 8. Woche	28	-0,043	-0,106	28	0,310	0,202
Gewicht 10. Woche	28	-0,050	-0,107	28	0,346	0,207
Gewicht 12. Woche	28	-0,277	-0,350	28	0,132	0,289
Gewicht 14. Woche	28	-0,357	<b>-0,394*</b>	28	0,197	0,240

#### 4.6.1.9 Korrelationen zwischen der Gesamtthyroxinkonzentration und der

##### Gewichtsentwicklung unter Berücksichtigung der Halothaneinwirkung

Für die behandelten männlichen Tiere ergaben sich hier Korrelationen mit wechselnden Vorzeichen. Die pränatale Gewichtsentwicklung und die Zuwächse zum Ende der Mast waren hier negativ mit der Höhe des Hormonspiegels korreliert, während sich von der 2. bis zur 10. Lebenswoche positive Zusammenhänge errechnet wurden. Statistisch absichern ließen sich diese Zusammenhänge jedoch nicht (siehe Tab. 69).

Im Vergleich dazu konnten für das weibliche Tiermaterial ausschließlich positive Verbindungen zwischen der Konzentration des Schilddrüsenhormons und der Entwicklung der Lebendmasse bestimmt werden. Daraus folgt, dass behandelte männliche Tiere mit höheren Hormongehalten im Blutplasma eine stärkere Gewichtsentwicklung zeigen, zu Mastende ansteigende  $T_4$ -Konzentrationen jedoch mit eingeschränkteren Zunahmen in Verbindung stehen (siehe Tab. 69).

Bei den unbehandelten männlichen Enten wurden durchgehend negative Beziehungen zwischen der Gewichtsentwicklung und der Gesamtthyroxinkonzentration bestimmt, wohingegen bei den weiblichen Tieren die Entwicklung der Lebendmasse lediglich von der 2. bis zur 6. Lebenswoche negativ mit der Höhe des Thyroxingehaltes verbunden war. Statistisch belegen ließ sich dies allerdings nicht.

Unbehandelte männliche Tiere mit ausgeprägteren Hormonkonzentrationen nahmen folglich in geringerem Maße zu, was für die weiblichen Enten nur in der erste Hälfte der Mast zutraf. Im weiteren Verlauf der Mast waren hier zunehmende T<sub>4</sub>-Konzentrationen verbunden mit einer stärkeren Entwicklung der Lebendmasse (siehe Tab. 68).

#### **4.6.1.10 Korrelationen zwischen der Konzentration ungebundenen Thyroxins und der Entwicklung der Lebendmasse in Bezug auf die Halothanbehandlung**

Für die behandelten Tiere konnten geschlechtsunabhängig nahezu ausschließlich positive Zusammenhänge zwischen der Konzentration an freiem Thyroxin und der Entwicklung des Gewichts errechnet werden. Diese Korrelationen waren bei den weiblichen Enten signifikant bis hochsignifikant. Höhere Gewichtszuwächse waren hier mit höheren (bei den weiblichen Tieren signifikant bis hochsignifikant höheren) T<sub>4</sub>-Konzentrationen im Blutplasma verbunden (siehe Tab. 69).

Unbehandelte männliche Tiere zeigten bis zur 6. Lebenswoche mit zunehmenden Hormonkonzentrationen auch ausgeprägtere Lebendmassezuwächse. In der zweiten Hälfte der Mast standen dann hingegen geringere Zuwächse mit höheren Hormonspiegeln in Verbindung. Für die unbehandelten weiblichen Enten ergaben sich in den ersten Lebenswochen negative Beziehungen zwischen den genannten Merkmalen, ab der 6. Woche war eine stärkere Entwicklung der Lebendmasse dann aber gekoppelt mit höheren Hormonspiegeln. Statistisch signifikant waren diese Beziehungen aber nicht (siehe Tab. 68).

Tab. 68: Korrelationen zwischen den Thyroxinkonzentrationen (T<sub>4</sub>-frei u. T<sub>4</sub>-gesamt) und der Gewichtsentwicklung ohne Halothanbehandlung

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	T <sub>4</sub> -frei	T <sub>4</sub> -gesamt	n	T <sub>4</sub> -frei	T <sub>4</sub> -gesamt
Schlupfgewicht	34	0,035	-0,053	29	-0,194	0,099
Gewicht 2. Woche	34	0,039	-0,215	29	-0,002	-0,144
Gewicht 4. Woche	34	0,036	-0,227	29	-0,051	-0,032
Gewicht 6. Woche	34	0,021	-0,235	29	0,046	-0,033
Gewicht 8. Woche	34	-0,087	-0,096	29	0,091	0,147
Gewicht 10. Woche	34	-0,055	-0,083	29	0,075	0,169
Gewicht 12. Woche	34	-0,309	-0,213	29	0,057	0,322
Gewicht 14. Woche	34	-0,344	-0,259	29	0,051	0,278

Tab. 69: Korrelationen zwischen den Thyroxinkonzentrationen (T<sub>4</sub>-frei u. T<sub>4</sub>-gesamt) und der Entwicklung der Lebendmasse mit Halothanbehandlung

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	T <sub>4</sub> -frei	T <sub>4</sub> -gesamt	n	T <sub>4</sub> -frei	T <sub>4</sub> -gesamt
Schlupfgewicht	31	0,101	-0,166	30	<b>0,503**</b>	0,039
Gewicht 2. Woche	31	0,329	0,185	30	<b>0,605**</b>	0,249
Gewicht 4. Woche	31	0,310	0,294	30	<b>0,547**</b>	0,219
Gewicht 6. Woche	31	0,307	0,297	30	<b>0,550**</b>	0,218
Gewicht 8. Woche	31	0,169	0,207	30	<b>0,660**</b>	0,280
Gewicht 10. Woche	31	0,156	0,193	30	<b>0,647**</b>	0,249
Gewicht 12. Woche	31	0,060	-0,124	30	0,331	0,176
Gewicht 14. Woche	31	0,005	-0,230	30	<b>0,460*</b>	0,223

#### 4.6.1.11 Zusammenhänge zwischen den einzelnen Vorbrutbedingungen und der Thyroxinkonzentration (gesamt und frei) im Blutplasma

Die Höhe der Vorbruttemperatur war geschlechtsunabhängig positiv mit der Höhe des Thyroxinspiegels (gesamt und frei) im Blutplasma korreliert. Bei der Gruppe 3 (Vorbruttemperatur 38,5 °C) wurden verglichen mit den übrigen Gruppen tendenziell die höchsten T<sub>4</sub>-Gehalte im Plasma bestimmt. Dieser Zusammenhang war aber statistisch nicht signifikant.

Die Halothanbehandlung hatte bei beiden Geschlechtern einen negativen Einfluss auf den Thyroxingehalt. Dies ließ sich für die männlichen Probanden auch statistisch absichern (siehe Tab. 70).

Tab. 70: Zusammenhänge zwischen den Vorbrutbedingungen und der Schilddrüsenhormonkonzentration im Blutplasma

Brutbedingung	Sex	n	T <sub>4</sub> -frei	T <sub>4</sub> -gesamt
Temp. 1-3	1	65	0,016	0,063
Temp. 1-3	2	59	0,083	0,080
Halothan 1-2	1	65	<b>0,265*</b>	0,068
Halothan 1-2	2	59	0,222	0,132

36,5 °C = **1**    männlich = **1**    halothanbehandelt = **1**  
 37,5 °C = **2**    weiblich = **2**    unbehandelt = **2**  
 38,5 °C = **3**

#### **4.7 Ergebnisse zu den mitochondrialen Enzymaktivitäten**

Die Aktivitäten der beiden mitochondrialen Enzyme Succinatdehydrogenase (SDH) und Glutamatdehydrogenase (GLDH) wurden in Herz- und Leberfrischmasse bestimmt. Aufgrund des stark ausgeprägten Geschlechtsdimorphismus bzw. des signifikanten Einflusses des Geschlechts auf den Umfang der Enzymwirkung wurden die entsprechenden Berechnungen nach Geschlechtern getrennt durchgeführt.

Um die Einflüsse des Alters der Mitochondrien und der zufällig variierenden Untersuchungsbedingungen im Labor zu eliminieren, wurden vor der Durchführung der Berechnungen die betreffenden Daten um die Effekte des Versuchstages und den Rang der Mitochondrien korrigiert. Mit Hilfe einer Varianzanalyse wird nachfolgend dargestellt, inwieweit sich die verschiedenen Vorbrutbedingungen auf die Wirkung der Enzyme auswirkten.

##### **4.7.1 Einfluss der variierenden Vorbrutbedingungen auf die mitochondriale**

##### **Enzymaktivität**

Wird die SDH-Aktivität in Leber- und Herzfrischmasse von halothanbehandelten männlichen Tieren mit der unbehandelten männlichen Probanden verglichen, zeigen letztere eine höhere Enzymaktivität. Bei der Betrachtung der Daten des weiblichen Tiermaterials hingegen wurde bei den behandelten Tieren eine höhere Enzymwirkung festgestellt. Statistisch absichern ließen sich diese Ergebnisse jedoch nicht.

Neben der Auswirkung des Halothans wurde der Einfluss der Vorbruttemperatur auf die Enzymaktivität in der Herz- und Leberfrischmasse bestimmt. Bezüglich des Leberhomogenates wiesen die männlichen Enten der Gruppe 3 die höchste SDH-Aktivität auf, gefolgt von denen der Gruppe 1. Die geringsten Werte wurden in diesem Zusammenhang bei Optimaltemperatur inkubierten männlichen Tieren (Gruppe 2) bestimmt, was auch statistisch abzusichern war (siehe Tab. 71 u. 72).

In Herzfrischmasse wurden dagegen die höchsten SDH-Aktivitäten bei den männlichen Probanden der Gruppe 2 bestimmt, die geringste Enzymwirkung wurde bei denen der Gruppe 3 ermittelt. Im Vergleich zu den im Leberhomogenat erhobenen Enzymwirkungen waren die in der Herzfrischmasse bestimmten Aktivitätsunterschiede zwischen den Temperaturgruppen nicht signifikant und bewegten sich auch nicht in Signifikanznähe (siehe Tab. 72).

Die SDH-Wirkung, die für das weibliche Tiermaterial in der Leberfrischmasse bestimmt wurde, nahm mit steigender Vorbruttemperatur zu. Die höchsten Aktivitäten wurden demzufolge bei den weiblichen Enten der Gruppe 3 festgestellt. Statistisch signifikant waren diese Unterschiede jedoch nicht (siehe Tab. 71 u. 72).

In der Herzfrischmasse bestimmte Enzymwirkungen nahmen im Vergleich dazu bei den weiblichen Enten mit steigenden Vorbruttemperaturen ab. Hier wurden die höchsten Aktivitäten bei den Tieren der Gruppe 1 ermittelt. Auch die hier errechneten Differenzen zu den anderen beiden Gruppen waren statistisch nicht signifikant, bewegten sich allerdings nahe der Signifikanzgrenze (siehe Tab. 72 u. Abb. 24).

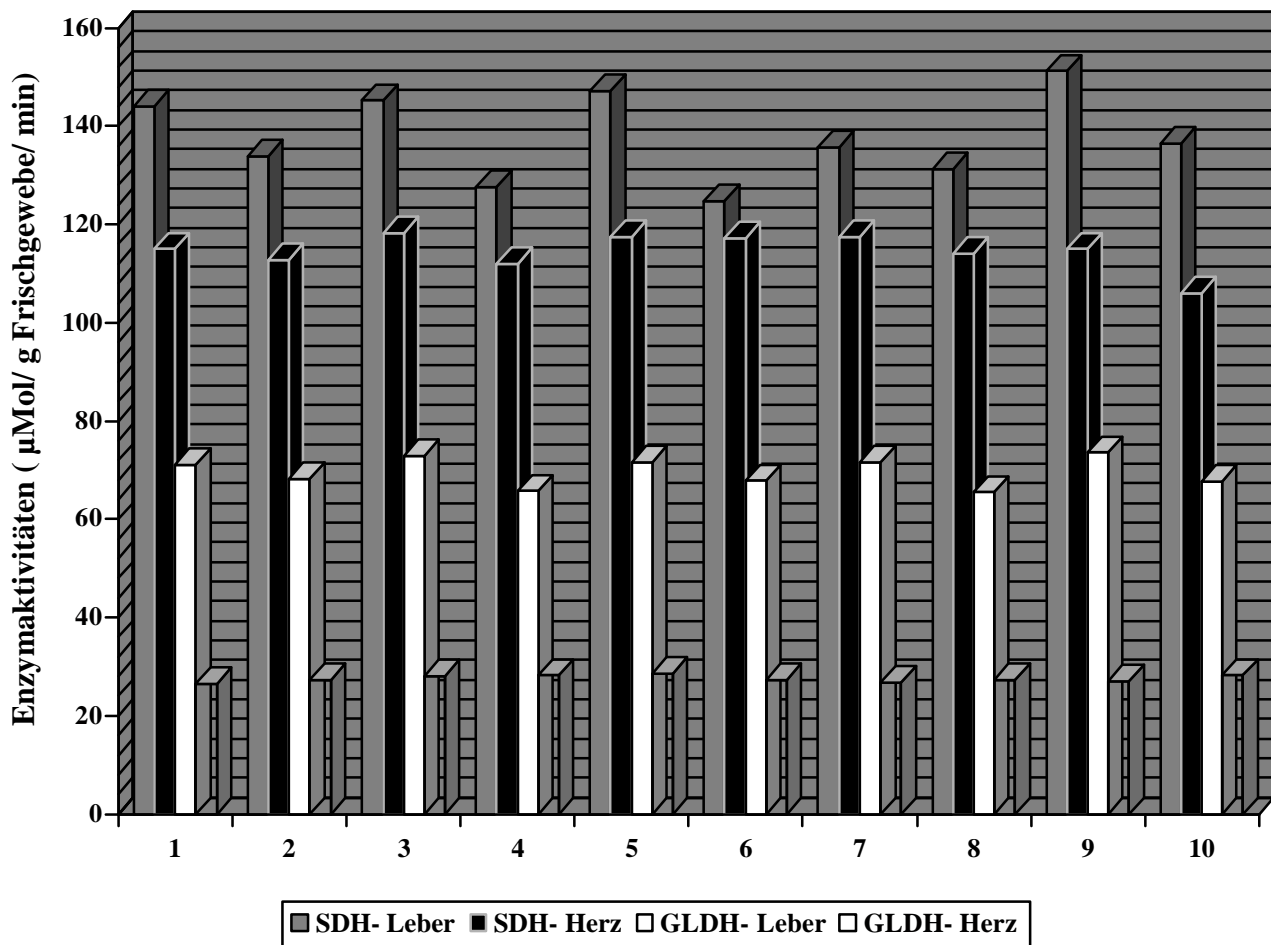
Tab. 71: Ausprägung der Succinatdehydrogenaseaktivität in Leber- und Herzhomogenat bei variierenden Vorbrutbedingungen

Merkmal	μMol/ g Frischgewebe/ min (LSQ/ SE)				
	n	SDH-Leber	SDH-Herz	GLDH-Leber	GLDH-Herz
Halothan ja					
männlich	31	144,13/ 3,70	114,99/ 3,36	71,46/ 1,64	26,53/ 0,73
weiblich	30	133,88/ 4,62	112,85/ 4,66	68,27/ 1,88	27,20/ 1,16
Halothan nein					
männlich	34	145,25/ 3,61	118,26/ 3,27	72,98/ 1,60	28,05/ 0,71
weiblich	30	127,69/ 4,69	111,98/ 4,66	65,76/ 1,91	28,21/ 1,16
Gruppe 1 (36,5)					
männlich	18	147,21/ 4,90	117,39/ 4,45	71,56/ 2,17	28,61/ 0,97
weiblich	16	124,69/ 6,26	117,12/ 4,51	67,80/ 2,55	27,23/ 1,12
Gruppe 2 (37,5)					
männlich	19	135,66/ 4,71	117,50/ 4,28	71,55/ 2,08	26,28/ 0,93
weiblich	16	131,21/ 6,37	114,06/ 4,59	65,47/ 2,59	27,68/ 1,14
Gruppe 3 (38,5)					
männlich	28	151,20/ 3,82	115,00/ 3,47	73,56/ 1,69	26,97/ 0,76
weiblich	28	136,45/ 4,66	106,05/ 3,36	67,77/ 1,90	28,20/ 0,83

Tab. 72: Signifikanzniveaus zu den Einflüssen der Vorbrutbedingungen auf die mitochondriale Enzymaktivität in Leber- und Herzfrischmasse

Merkmal	μMol/ g Frischgewebe/ min (LSQ/ SE)			
	SDH-Leber	SDH-Herz	GLDH-Leber	GLDH-Herz
Vorbrutbedingung				
Halothan ja/ nein männlich	p = 0,833	p = 0,496	p = 0,514	p = 0,149
Halothan ja/ nein weiblich	p = 0,344	p = 0,852	p = 0,344	p = 0,390
36,5°/ 37,5° männlich	p = 0,102	p = 0,987	p = 0,980	p = 0,095
36,5°/ 38,5° männlich	p = 0,530	p = 0,678	p = 0,474	p = 0,196
37,5°/ 38,5° männlich	<b>p = 0,013*</b>	p = 0,650	p = 0,453	p = 0,561
36,5°/ 37,5° weiblich	p = 0,469	p = 0,637	p = 0,524	p = 0,780
36,5°/ 38,5° weiblich	p = 0,142	p = 0,057	p = 0,993	p = 0,494
37,5°/ 38,5° weiblich	p = 0,508	p = 0,163	p = 0,474	p = 0,712





1 = halothanbehandelt männl.

2 = halothanbehandelt weibl.

3 = unbehandelt männl.

4 = unbehandelt weibl.

5 = männlich Temp. 36,5 °C

6 = weibl. Temp. 36,5 °C

7 = männl. Temp. 37,5 °C

8 = weibl. Temp. 37,5 °C

9 = männl. Temp. 38,5 °C

10 = weibl. Temp. 38,5 °C

Abb. 24: Abbildung zur mitochondrialen Enzymaktivität unter Berücksichtigung von Brutregime und Geschlecht

#### **4.7.2 Korrelationen zwischen der mitochondrialen Enzymaktivität und dem embryonalen Sauerstoffverbrauch bei variierenden Vorbruttemperaturen**

Die in der Leberfrischmasse bestimmte SDH-Aktivität war mit dem embryonalen Sauerstoffverbrauch bei den verschiedenen Vorbruttemperaturen geschlechtsunabhängig negativ korreliert. Höhere embryonale Sauerstoffverbräuche waren verbunden mit einer reduzierten enzymatischen Aktivität (siehe Tab. 73 u. 74).

Ähnlich gerichtete Korrelationen wurden zwischen der SDH-Wirkung im Herzhomogenat und dem pränatalen O<sub>2</sub>-Verbrauch bei den suboptimal inkubierten Gruppen 1 und 3 bestimmt. Auch hier war eine stärkere Enzymaktivität bei beiden Geschlechtern mit einer eingeschränkten Atmungsaktivität gekoppelt. Die Atmungsaktivität der weiblichen Enten der Gruppe 2 war analog zu den Ergebnissen, die für Leberfrischmasse bestimmt wurden, negativ mit der SDH-Wirkung im Herzhomogenat gekoppelt. Hingegen wiesen die männlichen Probanden dieser Gruppe mit stärkerer pränataler Atmungsintensität auch eine ausgeprägtere Enzymwirkung auf (siehe Tab. 73 u. 74).

Die GLDH-Aktivität in der Leberfrischmasse war bei den männlichen Enten der Gruppen 1 und 2 positiv mit dem embryonalen O<sub>2</sub>-Verbrauch korreliert, wobei dies bei der Gruppe 1 stärker ausgeprägt war. Stärkere Enzymwirkungen waren mit einer höheren embryonalen Atmungsaktivität verbunden. Für die männlichen Enten der Gruppe 3 ergaben sich hingegen schwach negative Korrelationen (siehe Tab. 73).

Negative Zusammenhänge wurden zwischen der GLDH-Wirkung im Herzhomogenat und dem bestimmten Sauerstoffverbrauch für die männlichen Probanden der Gruppe 1 und 2 festgestellt, während bei den männlichen Tieren der Gruppe 3 eine höhere Atmungsintensität mit einer ausgeprägteren Enzymwirkung in Zusammenhang stand.

Für die weiblichen Probanden der Gruppe 1 ergaben sich überwiegend negative Verbindungen zwischen den genannten Parametern. Verglichen mit den für die männlichen Probanden bestimmten Zusammenhängen wurden für die Gruppen 2 und 3 jedoch häufiger positive Korrelationen ermittelt. Die bestimmten Korrelationen zwischen der embryonalen Atmung und der mitochondrialen Enzymaktivität bewegten sich allerdings oberhalb der Signifikanzgrenze (siehe Tab. 73 u. 74).

#### 4.7.2.1 Korrelationen zwischen der mitochondrialen Enzymaktivität und der

##### embryonalen Atmungsaktivität der Enten in Bezug auf die Halothanbehandlung

Die Behandlung des Inhalationsnarkotikums wirkte sich auf die Korrelationen zwischen der SDH-Aktivität und dem Sauerstoffverbrauch in der Weise aus, dass behandelte Tiere unabhängig vom Geschlecht stärker ausgeprägte negative Korrelationen aufwiesen (siehe Tab. 73 u. 74).

Die für die SDH-Aktivität in Herzfrischmasse bestimmten Zusammenhänge wurden bei den männlichen Enten in ihrer Ausprägung durch die Halothanbehandlung nur geringfügig beeinflusst. Bei behandelten wie unbehandelten Tieren ging mit zunehmender Atmungsintensität die Enzymwirkung zurück, wobei dieser Effekt bei den behandelten Probanden stärker ausgeprägt war. Behandelte weibliche Enten wiesen ähnlich gerichtete Korrelationen auf, während unbehandelte Probanden mit stärkerer pränataler Atmungsaktivität eine zunehmende Enzymwirkung zeigten (siehe Tab. 73 u. 74).

Die Zusammenhänge zwischen der GLDH-Aktivität in der Leberfrischmasse und der pränatal verbrauchten Sauerstoffmenge wurde durch die Halothanbehandlung bei beiden Geschlechtern nur unbedeutend beeinflusst.

Ähnlich verhielten sich die berechneten Beziehungen zwischen der GLDH-Wirkung im Herzhomogenat und dem embryonalen Sauerstoffverbrauch. Bei den männlichen Enten wurden die einzelnen Zusammenhänge durch das Halothan nur in geringem Umfang beeinflusst. Unbehandelte weibliche Enten mit einem stärkeren pränatalen O<sub>2</sub>-Verbrauch wiesen dagegen eine ausgeprägtere Enzymaktivität auf. Statistisch belegen ließen sich diese Ergebnisse jedoch nicht (siehe Tab. 73 u. 74).

Tab. 73: Korrelationen zwischen der mitochondrialen Enzymaktivität und dem embryonalen Sauerstoffverbrauch männlicher Enten bei variierenden Vorbrutbedingungen

Vorbrutbedingungen	n	SDH-Leber	SDH-Herz	GLDH-Leber	GLDH-Herz
Gruppe 1 (36,5 °C)	18	-0,101	-0,406	0,323	-0,227
Gruppe 2 (37,5 °C)	19	-0,223	0,061	0,014	-0,244
Gruppe 3 (38,5 °C)	28	-0,097	-0,060	-0,002	0,293
Halothan ja	31	-0,241	-0,288	0,048	-0,018
Halothan nein	34	-0,002	-0,027	0,008	-0,031

Tab. 74: Korrelationen zwischen der mitochondrialen Enzymaktivität und dem embryonalen Sauerstoffverbrauch weiblicher Enten bei variierenden Vorbrutbedingungen

Vorbrutbedingungen	n	SDH-Leber	SDH-Herz	GLDH-Leber	GLDH-Herz
Gruppe 1 (36,5 °C)	16	-0,101	-0,076	-0,036	0,086
Gruppe 2 (37,5 °C)	15	-0,223	-0,071	0,156	0,037
Gruppe 3 (38,5 °C)	28	-0,097	0,069	0,348	0,216
Halothan ja	30	-0,241	-0,141	0,226	-0,033
Halothan nein	29	-0,002	0,065	0,180	0,227

#### 4.7.3 Korrelationen zwischen der Succinatdehydrogenaseaktivität im Leberhomogenat und den Lebendmassezuwächsen bei variierenden Vorbruttemperaturen

In der ersten Hälfte der Mast konnten für die im unteren Temperaturbereich inkubierten männlichen Enten (Gruppe 1) überwiegend positive Korrelationen zwischen dem Umfang der Enzymwirkung und der Gewichtsentwicklung errechnet werden, während sich von der 8. Lebenswoche an durchweg negative Korrelationen bestimmen ließen. Mit steigender SDH-Aktivität waren demnach in der ersten Masthälfte höhere Lebendmassezuwächse verbunden. Im darauffolgenden Mastabschnitt war eine höhere Enzymaktivität dagegen mit geringeren Gewichtszunahmen der betreffenden Tiere verbunden (siehe Tab. 75).

Ähnlich gerichtete Zusammenhänge wurden auch für die weiblichen Tiere dieser Temperaturgruppe (Gruppe 1) bestimmt. Statistisch absichern ließen sich diese Ergebnisse jedoch weder für die männlichen noch für die weiblichen Enten (siehe Tab. 75).

Für die Tiere der Gruppe 2 ergaben sich größtenteils negative Korrelationen zwischen den Lebendmassezunahmen und der SDH-Aktivität. Lediglich bei den männlichen Tieren wurden in diesem Zusammenhang schwach positive Beziehungen ermittelt. Im Übrigen war eine stärkere Entwicklung der Lebendmasse mit einem geringeren Wirkungsgrad der SDH verbunden. Auch diese Resultate waren allerdings statistisch nicht signifikant (siehe Tab. 76). Beziehungen von nahezu ausnahmslos negativer Ausrichtung wurden für die Tiere der Gruppe 3 bestimmt, wobei diese Beziehungen für die weiblichen Probanden in den letzten Lebenswochen auch statistisch signifikant waren (siehe Tab. 77).

#### 4.7.3.1 Korrelationen zwischen der Succinatdehydrogenaseaktivität in Herzfrischmasse und den Lebendmassezuwächsen bei variierenden Vorbruttemperaturen

Während die Enzymaktivität bei den männlichen Tieren der Gruppe 1 überwiegend in positivem Zusammenhang mit der Lebendmasseentwicklung stand, waren die für die weiblichen Enten berechneten Beziehungen ausschließlich negativ. Eine höhere Enzymwirkung war bei 36,5 °C bebrüteten männlichen Probanden gekoppelt mit höheren, bei den weiblichen Enten dieser Gruppe mit geringeren Zunahmen (siehe Tab. 75).

Bei den Tieren der Gruppe 2 ergaben sich die folgenden Korrelationen. Männliche Probanden wiesen bis zur 10. Lebenswoche negative Zusammenhänge zwischen den beschriebenen Merkmalen auf. Zum Mastende wurden dann jedoch positive Beziehungen bestimmt, die sich auch statistisch absichern ließen. Bei den weiblichen Probanden wurden dagegen zu Beginn der Mast positive Beziehungen bestimmt. Erst von der vierten Lebenswoche an waren die ermittelten Zusammenhänge dann negativ.

Daraus folgt, dass männliche Tiere mit höherer Enzymaktivität zunächst geringere Zunahmen zeigen, dann aber nach der 10. Lebenswoche eine höhere Lebendmasseentwicklung realisieren. Die weiblichen Probanden mit höherer Enzymaktivität nahmen dagegen zu Mastbeginn stärker zu. In den darauffolgenden Wochen zeigten diese Tiere jedoch eine geringere Gewichtsentwicklung (siehe Tab. 76).

Für die Tiere der Gruppe 3 ergaben sich zwischen den betreffenden Merkmalen bei den männlichen Enten überwiegend negative Beziehungen, während für die weiblichen Tiere ausschließlich positive Korrelationen bestimmt wurden. Die Gewichtsentwicklung männlicher Enten war demnach, mit Ausnahme der Zunahmen im pränatalen Entwicklungsstadium, negativ verbunden mit einer höheren Enzymaktivität. Weibliche Enten mit höherer Enzymwirkung nahmen dagegen stärker zu. Statistisch absichern ließen sich diese Beziehungen allerdings nicht (siehe Tab. 76).

Tab. 75: Korrelationen zwischen der SDH-Aktivität und der Entwicklung der Lebendmasse männlicher und weiblicher Enten bei einer Vorbruttemperatur von 36,5 °C

Gewicht	männlich			weiblich		
	n	SDH-Leber	SDH-Herz	n	SDH-Leber	SDH-Herz
Schlupfgewicht	18	0,067	-0,057	16	-0,203	-0,063
Gewicht 2. Woche	18	-0,113	0,005	16	-0,112	-0,137
Gewicht 4. Woche	18	0,024	0,019	16	-0,184	-0,102
Gewicht 6. Woche	18	0,003	0,004	16	-0,187	-0,121
Gewicht 8. Woche	18	-0,096	0,062	16	-0,237	-0,351
Gewicht 10. Woche	18	-0,099	0,056	16	-0,238	-0,377
Gewicht 12. Woche	18	-0,184	0,134	16	0,047	-0,227
Gewicht 14. Woche	18	-0,293	0,017	16	-0,036	-0,191

Tab. 76: Korrelationen zwischen der SDH-Aktivität und der Entwicklung der Lebendmasse männlicher und weiblicher Enten bei einer Vorbruttemperatur von 37,5 °C

Gewicht	männlich			weiblich		
	n	SDH-Leber	SDH-Herz	n	SDH-Leber	SDH-Herz
Schlupfgewicht	19	-0,163	0,189	15	-0,361	0,255
Gewicht 2. Woche	19	-0,382	-0,215	15	-0,207	0,075
Gewicht 4. Woche	19	-0,318	-0,217	15	-0,374	-0,154
Gewicht 6. Woche	19	-0,316	-0,211	15	-0,375	-0,151
Gewicht 8. Woche	19	-0,376	-0,303	15	-0,409	-0,278
Gewicht 10. Woche	19	-0,365	-0,271	15	-0,410	-0,273
Gewicht 12. Woche	19	0,044	0,447	15	-0,341	-0,245
Gewicht 14. Woche	19	0,042	<b>0,479*</b>	15	-0,349	-0,180

Tab. 77: Korrelationen zwischen der SDH-Aktivität und der Entwicklung der Lebendmasse männlicher und weiblicher Enten bei einer Vorbruttemperatur von 38,5 °C

Gewicht	männlich			weiblich		
	n	SDH-Leber	SDH-Herz	n	SDH-Leber	SDH-Herz
Schlupfgewicht	28	-0,158	0,273	28	-0,040	0,090
Gewicht 2. Woche	28	-0,270	-0,054	28	0,004	0,123
Gewicht 4. Woche	28	-0,225	-0,033	28	-0,024	0,238
Gewicht 6. Woche	28	-0,224	-0,035	28	-0,020	0,230
Gewicht 8. Woche	28	-0,216	-0,046	28	-0,239	0,275
Gewicht 10. Woche	28	-0,217	-0,048	28	-0,263	0,308
Gewicht 12. Woche	28	-0,330	-0,192	28	<b>-0,374*</b>	0,172
Gewicht 14. Woche	28	-0,231	-0,242	28	<b>-0,430*</b>	0,121

#### 4.7.3.2 Korrelationen zwischen der Succinatdehydrogenaseaktivität im Leberhomogenat und der Lebendmasseentwicklung in Bezug auf die Halothanbehandlung

Die Behandlung der Enten mit dem Inhalationsnarkotikum wirkte sich auf die berechneten Zusammenhänge in der Weise aus, dass ein höherer Wirkungsgrad der SDH über die gesamte Mastdauer bei beiden Geschlechtern mit geringeren Gewichtszuwächsen verbunden war, was sich vor allem für die weiblichen Enten auch statistisch absichern ließ (siehe Tab. 78 u. 79).

#### 4.7.3.3 Korrelationen zwischen der Succinatdehydrogenaseaktivität in Herzfrischmasse und der Lebendmasseentwicklung in Bezug auf die Halothanbehandlung

Die Halothanbehandlung wirkte sich auf die berechneten Zusammenhänge bei den weiblichen Tiere in der Weise aus, dass vornehmlich behandelte Tiere zu Beginn der Mast negative Beziehungen zwischen den genannten Parametern aufwiesen, unbehandelte Enten zeigten dagegen nur zum Mastende negative Verbindungen zwischen den betrachteten Merkmalen.

Im Gegensatz zu den unbehandelten männlichen Probanden wurden bei den behandelten Tieren gegen Ende der Mast positive Beziehungen zwischen der Enzymaktivität und der Gewichtsentwicklung bestimmt. Halothanbehandelte Tiere mit höherer Enzymwirkung realisierten demnach gegen Mastende auch höhere Zunahmen (siehe Tab. 78 u. 79).

Tab. 78: Korrelationen zwischen der SDH-Aktivität und der Entwicklung der Lebendmasse halothanbehandelter männlicher und weiblicher Enten

Gewicht	männlich			weiblich		
	n	SDH-Leber	SDH-Herz	n	SDH-Leber	SDH-Herz
Schlupfgewicht	31	-0,124	0,061	30	<b>-0,466**</b>	0,072
Gewicht 2. Woche	31	<b>-0,378*</b>	-0,188	30	-0,107	-0,228
Gewicht 4. Woche	31	-0,272	-0,118	30	-0,212	-0,153
Gewicht 6. Woche	31	-0,26	-0,119	30	-0,214	-0,147
Gewicht 8. Woche	31	-0,259	-0,086	30	<b>-0,374*</b>	0,002
Gewicht 10. Woche	31	-0,260	-0,077	30	<b>-0,395*</b>	-0,061
Gewicht 12. Woche	31	-0,152	0,223	30	<b>-0,424*</b>	0,272
Gewicht 14. Woche	31	-0,155	-0,180	30	<b>-0,451*</b>	0,208

Tab. 79: Korrelationen zwischen der SDH-Aktivität und der Entwicklung der Lebendmasse nicht halothanisierter männlicher und weiblicher Enten

Gewicht	männlich			weiblich		
	n	SDH-Leber	SDH-Herz	n	SDH-Leber	SDH-Herz
Schlupfgewicht	34	0,220	0,067	29	0,127	0,128
Gewicht 2. Woche	34	-0,335	0,082	29	0,006	0,348
Gewicht 4. Woche	34	-0,324	-0,002	29	-0,029	0,298
Gewicht 6. Woche	34	-0,308	-0,015	29	-0,032	0,291
Gewicht 8. Woche	34	-0,325	-0,117	29	-0,129	0,081
Gewicht 10. Woche	34	<b>-0,358*</b>	-0,109	29	-0,139	0,056
Gewicht 12. Woche	34	-0,111	-0,181	29	-0,181	-0,077
Gewicht 14. Woche	34	-0,022	-0,231	29	-0,230	-0,066

#### 4.7.3.4 Korrelationen zwischen der Glutamatdehydrogenaseaktivität im Leberhomogenat und der Entwicklung der Lebendmasse bei variierenden Bruttemperaturen

Die GLDH-Aktivität stand bei den im unteren Temperaturbereich (Gruppe 1) inkubierten Enten in folgendem Zusammenhang. Für die männlichen Tiere der Gruppe 1 konnten bis zur 2. Lebenswoche positive Beziehungen zwischen den entsprechenden Merkmalen errechnet werden. Im weiteren Verlauf der Mast war dagegen eine höhere Enzymaktivität mit eingeschränkteren Lebendmasseentwicklungen gekoppelt. Bei den weiblichen Tieren dieser Gruppe wurden im Vergleich dazu gegen Ende der Mast leicht positive Beziehungen bestimmt.

Zu Beginn und zum Ende der Mast war hier eine höhere Enzymwirksamkeit mit einer stärkeren Gewichtsentwicklung verbunden, was sich jedoch nicht statistisch belegen ließ (siehe Tab. 80).

Stärkere Unterschiede bei den Geschlechtern bezüglich der Zusammenhänge zwischen den beschriebenen Parametern wurden bei der Gruppe 2 ermittelt. Weibliche Tiere mit einem höheren GLDH-Wirkungsgrad wiesen danach signifikant bis hochsignifikant geringere Zunahmen auf.

Im Vergleich hierzu zeigten männliche Tiere dieser Temperaturgruppe mit höheren GLDH-Aktivitäten höhere Gewichtszunahmen. Statistisch signifikant waren die hier bestimmten Resultate jedoch nicht (siehe Tab. 81).

Ausschließlich negative Korrelationen wurden diesbezüglich für die männlichen Tiere der Gruppe 3 bestimmt, was sich teilweise auch statistisch absichern ließ. Hingegen waren höhere Zunahmen der weiblichen Tiere dieser Gruppe bis zur 6. Woche positiv mit einer stärkeren Enzymwirkung gekoppelt, erst danach ergaben sich dann negative Zusammenhänge. Männliche Probanden mit stärkerer Lebendmasseentwicklung verfügten demnach über eine geringere Enzymwirkung. Die weiblichen Tiere mit einer höheren GLDH-Aktivität zeigten in der ersten Hälfte der Mast größere Gewichtszuwächse, während diese Tiere in der zweiten Masthälfte, insbesondere in den letzten Wochen eine hochsignifikant schwächere Lebendmasseentwicklung zeigten (siehe Tab. 82).

#### **4.7.3.5 Korrelationen zwischen der Glutamatdehydrogenaseaktivität in Herzfrischmasse und der Entwicklung der Lebendmasse der Enten bei variierenden Vorbruttemperaturen**

Die GLDH-Aktivität in der Herzfrischmasse war wie folgt mit der Gewichtsentwicklung der Enten gekoppelt. Die männlichen Tiere der Gruppe 1 zeigten bis zum Schlupf und gegen Ende der Mast höhere Zunahmen, verbunden mit einer stärkeren Enzymaktivität. Von der 2. bis zur 10. Lebenswoche wurden hingegen negative Beziehungen bestimmt. Weibliche Tiere mit höherer Enzymwirkung zeigten dagegen von der 2. bis zur 4. Woche geringere Lebendmassezuwächse (siehe Tab. 80).

Bei Optimaltemperatur bebrüteten männlichen Tieren (Gruppe 2) war der Wirkungsgrad der GLDH in der ersten Hälfte der Mast negativ, in der zweiten Hälfte dann positiv mit der Entwicklung der Lebendmasse verbunden. Im Vergleich dazu ergaben sich für die weiblichen Enten nahezu ausschließlich positive Korrelationen zwischen den genannten Merkmalen.



Höhere GLDH-Aktivitäten standen hier in Zusammenhang mit einer stärkeren Gewichtszunahme. Diese Ergebnisse waren allerdings statistisch nicht signifikant (siehe Tab. 81).

Nahezu ausschließlich negative Korrelationen zwischen den entsprechenden Merkmalen ergaben sich geschlechtsunabhängig für die Tiere der Gruppe 3. Weibliche und männliche Tiere mit höheren Enzymwirkungen zeigten hier geringere Gewichtszunahmen, was sich bei den weiblichen Enten gegen Mastende auch statistisch absichern ließ (siehe Tab. 82).

Tab. 80: Korrelationen zwischen der GLDH-Aktivität und der Entwicklung der Lebendmasse männlicher und weiblicher Enten bei einer Vorbruttemperatur von 36,5 °C

Gewicht	männlich			weiblich		
	n	GLDH-Leber	GLDH-Herz	n	GLDH-Leber	GLDH-Herz
Schlupfgewicht	18	0,302	0,068	16	0,113	0,209
Gewicht 2. Woche	18	0,025	-0,113	16	-0,388	-0,332
Gewicht 4. Woche	18	-0,014	-0,084	16	-0,433	-0,452
Gewicht 6. Woche	18	-0,018	-0,081	16	-0,423	-0,443
Gewicht 8. Woche	18	-0,195	-0,052	16	-0,241	-0,352
Gewicht 10. Woche	18	-0,192	-0,052	16	-0,223	-0,333
Gewicht 12. Woche	18	-0,252	0,002	16	0,049	-0,129
Gewicht 14. Woche	18	-0,401	0,233	16	0,047	-0,141

Tab. 81: Korrelationen zwischen der GLDH-Aktivität und der Entwicklung der Lebendmasse männlicher und weiblicher Enten bei einer Vorbruttemperatur von 37,5 °C

Gewicht	männlich			weiblich		
	n	GLDH-Leber	GLDH-Herz	n	GLDH-Leber	GLDH-Herz
Schlupfgewicht	19	0,135	-0,343	15	0,008	-0,037
Gewicht 2. Woche	19	0,217	-0,288	15	<b>-0,532*</b>	0,131
Gewicht 4. Woche	19	0,320	-0,187	15	<b>-0,551*</b>	0,110
Gewicht 6. Woche	19	0,324	-0,182	15	<b>-0,556*</b>	0,105
Gewicht 8. Woche	19	0,305	0,068	15	<b>-0,646**</b>	0,064
Gewicht 10. Woche	19	0,325	0,102	15	<b>-0,652**</b>	0,057
Gewicht 12. Woche	19	0,230	0,060	15	<b>-0,592*</b>	0,240
Gewicht 14. Woche	19	0,271	0,141	15	<b>-0,635*</b>	0,259

Tab. 82: Korrelationen zwischen der GLDH-Aktivität und der Entwicklung der Lebendmasse männlicher und weiblicher Enten bei einer Vorbruttemperatur von 38,5 °C

Gewicht	männlich			weiblich		
	n	GLDH-Leber	GLDH-Herz	n	GLDH-Leber	GLDH-Herz
Schlupfgewicht	28	-0,065	0,007	28	0,199	-0,046
Gewicht 2. Woche	28	<b>-0,449*</b>	-0,348	28	0,462	-0,162
Gewicht 4. Woche	28	<b>-0,441*</b>	-0,359	28	0,349	-0,255
Gewicht 6. Woche	28	<b>-0,440*</b>	-0,348	28	0,352	-0,256
Gewicht 8. Woche	28	-0,283	-0,309	28	-0,074	-0,316
Gewicht 10. Woche	28	-0,286	-0,316	28	-0,104	-0,301
Gewicht 12. Woche	28	-0,252	-0,269	28	-0,564	<b>-0,442*</b>
Gewicht 14. Woche	28	-0,195	-0,101	28	-0,596	<b>-0,390*</b>

#### 4.7.3.6 Korrelationen zwischen der Glutamatdehydrogenaseaktivität im Leberhomogenat und der Gewichtsentwicklung der Enten in Bezug auf die Halothanbehandlung

Für halothanbehandelte Tiere konnten die nachfolgend dargestellten Korrelationen berechnet werden. Hier war eine höhere Enzymwirkung bei den männlichen Tieren nach der 6. Woche negativ mit der Gewichtsentwicklung korreliert, was sich jedoch nicht statistisch absichern ließ.

Weibliche Enten mit stärkerer Enzymaktivität erreichten über die gesamte Mastdauer hinweg geringere Zunahmen, was sich aber statistisch nicht belegen ließ (siehe Tab. 83).

Im Vergleich dazu ergaben sich für die unbehandelten männlichen Tiere bis zur 8. Woche positive Korrelationen, im weiteren Verlauf der Mast war dann jedoch eine höhere Enzymaktivität mit geringeren Zunahmen gekoppelt. Unbehandelte weibliche Tiere mit stärkerer GLDH-Wirkung zeigten ähnlich wie auch die behandelten über die gesamte Mastperiode hinweg eine schwächere Entwicklung der Lebendmasse, was jedoch ebenfalls nicht statistisch signifikant war (siehe Tab. 84).

#### 4.7.3.7 Korrelationen zwischen der Glutamatdehydrogenaseaktivität in Herzfrischmasse und der Gewichtsentwicklung der Enten in Bezug auf die Halothanbehandlung

Die Halothanbehandlung beeinflusste, wie nachfolgend dargestellt, die errechneten Korrelationen zwischen den oben genannten Merkmalen. Behandelte Tiere mit größeren Lebendmassezunahmen zeigten danach geschlechtsunabhängig eine geringere Enzymaktivität, was sich zum Teil auch statistisch absichern ließ (siehe Tab. 83). Im Vergleich dazu konnten bei den unbehandelten Tieren überwiegend negative Beziehungen berechnet werden (siehe Tab. 84).

Tab. 83: Korrelationen zwischen der GLDH-Aktivität und der Entwicklung der Lebendmasse halothanbehandelter männlicher und weiblicher Enten

Gewicht	männlich			weiblich		
	n	GLDH-Leber	GLDH-Herz	n	GLDH-Leber	GLDH-Herz
Schlupfgewicht	31	0,199	-0,046	30	-0,078	0,207
Gewicht 2. Woche	31	0,462	-0,162	30	-0,140	0,188
Gewicht 4. Woche	31	0,349	-0,255	30	-0,101	0,015
Gewicht 6. Woche	31	0,352	-0,256	30	-0,090	0,014
Gewicht 8. Woche	31	-0,074	-0,316	30	-0,074	-0,174
Gewicht 10. Woche	31	-0,104	-0,301	30	-0,079	-0,203
Gewicht 12. Woche	31	-0,564	<b>-0,442*</b>	30	-0,038	<b>-0,529**</b>
Gewicht 14. Woche	31	-0,596	<b>-0,390*</b>	30	-0,050	<b>-0,459*</b>

Tab. 84: Korrelationen zwischen der GLDH-Aktivität und der Entwicklung der Lebendmasse nicht halothanisierter männlicher und weiblicher Enten

Gewicht	männlich			weiblich		
	n	GLDH-Leber	GLDH-Herz	n	GLDH-Leber	GLDH-Herz
Schlupfgewicht	34	0,161	-0,076	29	0,089	-0,073
Gewicht 2. Woche	34	0,032	-0,210	29	-0,299	-0,252
Gewicht 4. Woche	34	0,078	-0,191	29	-0,301	-0,300
Gewicht 6. Woche	34	0,083	-0,196	29	-0,292	-0,305
Gewicht 8. Woche	34	0,004	-0,118	29	-0,300	-0,343
Gewicht 10. Woche	34	-0,010	-0,110	29	-0,268	-0,337
Gewicht 12. Woche	34	-0,047	-0,237	29	-0,226	-0,198
Gewicht 14. Woche	34	-0,039	-0,056	29	-0,321	-0,162

#### 4.7.4 Korrelationen zwischen der Succinatdehydrogenaseaktivität im Leberhomogenat und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels bei variierenden Vorbruttemperaturen

Die genannte Enzymwirkung war mit den Parametern der mitochondrialen Stoffwechselaktivität temperatur- und geschlechtsunabhängig größtenteils negativ korreliert. Mit zunehmendem mitochondrialen Sauerstoffverbrauch ging eine verringerte SDH-Wirkung einher. Dies ließ sich teilweise auch statistisch absichern.

Lediglich die Effizienz der oxidativen Phosphorylierung war bei den suboptimal bebrüteten männlichen Tieren (Gruppen 1 und 3) und den weiblichen Enten der Gruppe 3 positiv mit der Enzymwirkung verbunden, wobei dies nicht statistisch signifikant war (siehe Tab. 85-87).

##### 4.7.4.1 Korrelationen zwischen der Succinatdehydrogenaseaktivität im Leberhomogenat und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels in Bezug auf die Behandlung mit Halothan

Die Halothanbehandlung hatte keine Auswirkung auf die berechneten Korrelationen. Auch hier war eine höhere Enzymwirksamkeit bei behandelten wie unbehandelten Tieren geschlechtsunabhängig verbunden mit einer effizienteren oxidativen Phosphorylierung, während die übrigen Merkmale der mitochondrialen Atmung negativ mit der SDH-Aktivität gekoppelt waren (siehe Tab. 88 u. 89).

#### 4.7.4.2 Korrelationen zwischen der Succinatdehydrogenaseaktivität in Herzfrischmasse und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels bei variierenden Vorbruttemperaturen

Bei der Betrachtung der Korrelationen zwischen der SDH-Wirkung in Herzfrischmasse und den Parametern des mitochondrialen Energiestoffwechsels wurden ähnliche Beziehungen bestimmt wie zwischen den entsprechenden Merkmalen in Leberhomogenat. Mit Ausnahme der für die Gruppe 2 bestimmten Zusammenhänge ergaben sich hier ebenfalls überwiegend negative Korrelationen zwischen den genannten Parametern. Ein höherer Wirkungsgrad der SDH war bei den Gruppen 1 und 3 unabhängig vom Geschlecht mit einer eingeschränkten mitochondrialen Stoffwechselaktivität korreliert (siehe Tab. 85 u. 87). Im Gegensatz hierzu ergaben sich für die Tiere der Gruppe 2 ausschließlich positive Beziehungen zwischen der mitochondrialen Stoffwechselaktivität und der Wirksamkeit der SDH, wobei aber sämtliche Ergebnisse statistisch nicht signifikant waren (siehe Tab. 86).

Tab. 85: Korrelationen zwischen der SDH-Aktivität und dem mitochondrialen Energiestoffwechsel männlicher und weiblicher Enten bei einer Vorbruttemperatur von 36,5 °C

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	SDH-Leber	SDH-Herz	n	SDH-Leber	SDH-Herz
Status 2	18	-0,298	-0,474	16	-0,133	-0,249
Status 3	18	0,321	-0,491	16	-0,163	-0,241
Status 4	18	-0,111	-0,321	16	0,072	-0,291
ADP/ O	18	0,014	-0,551	16	-0,248	-0,286
RCR	18	<b>-0,544*</b>	-0,624	16	-0,104	0,051

Tab. 86: Korrelationen zwischen der SDH-Aktivität und dem mitochondrialen Energiestoffwechsel männlicher und weiblicher Enten bei einer Vorbruttemperatur von 37,5 °C

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	SDH-Leber	SDH-Herz	n	SDH-Leber	SDH-Herz
Status 2	19	-0,349	0,213	15	-0,437	0,363
Status 3	19	-0,344	0,216	15	-0,445	0,371
Status 4	19	-0,357	0,183	15	-0,346	0,282
ADP/ O	19	-0,060	0,047	15	0,145	0,520
RCR	19	-0,005	0,110	15	-0,248	0,239

Tab. 87: Korrelationen zwischen der SDH-Aktivität und dem mitochondrialen Energiestoffwechsel männlicher und weiblicher Enten bei einer Vorbruttemperatur von 38,5 °C

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	SDH-Leber	SDH-Herz	n	SDH-Leber	SDH-Herz
Status 2	28	-0,208	-0,294	28	-0,109	-0,154
Status 3	28	-0,214	-0,302	28	-0,121	-0,156
Status 4	28	-0,154	-0,219	28	-0,033	-0,139
ADP/ O	28	0,254	-0,120	28	0,214	0,006
RCR	28	-0,129	-0,187	28	-0,183	-0,043

#### 4.7.4.3 Korrelationen zwischen der Succinatdehydrogenaseaktivität in Herzfrischmasse und dem mitochondrialen Stoffwechsel in Bezug auf die Halothanbehandlung

Das Halothan hatte in diesem Zusammenhang lediglich einen zu vernachlässigenden Effekt auf die Beziehungen zwischen den beschriebenen Merkmalen. Die behandelten männlichen und weiblichen Tiere mit ausgeprägter Enzymaktivität zeigten, mit Ausnahme der Korrelation zwischen der Höhe des Respiratorischen Kontrollquotienten und der SDH-Wirkung, einen eingeschränkten mitochondrialen Sauerstoffverbrauch. Unbehandelte Tiere hingegen wiesen geschlechtsunspezifisch positive Beziehungen zwischen dem Respiratorischen Kontrollwert und der Wirkung der SDH auf. Bei den unbehandelten weiblichen Enten war zudem die Höhe des ADP/ O-Quotienten positiv mit der enzymatischen Aktivität gekoppelt. Die übrigen Zusammenhänge unterschieden sich nur geringfügig von den Beziehungen, die für die behandelten Tiere bestimmt wurden (siehe Tab. 88 u. 89).

Tab. 88: Korrelationen zwischen der SDH-Aktivität und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels halothanbehandelter männlicher und weiblicher Enten

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	SDH-Leber	SDH-Herz	n	SDH-Leber	SDH-Herz
Status 2	31	-0,345	-0,297	30	-0,127	-0,089
Status 3	31	<b>-0,359*</b>	-0,314	30	-0,140	-0,085
Status 4	31	-0,231	-0,164	30	-0,043	0,107
ADP/ O	31	0,015	-0,114	30	0,113	-0,004
RCR	31	-0,392	<b>-0,438*</b>	30	-0,193	0,029

Tab. 89: Korrelationen zwischen der SDH-Aktivität und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels nicht halothanisierter männlicher und weiblicher Enten

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	SDH-Leber	SDH-Herz	n	SDH-Leber	SDH-Herz
Status 2	34	-0,068	-0,061	29	-0,239	-0,007
Status 3	34	-0,071	-0,059	29	-0,259	-0,001
Status 4	34	-0,043	-0,069	29	-0,096	-0,041
ADP/ O	34	0,250	-0,290	29	0,046	0,080
RCR	34	-0,052	0,029	29	<b>-0,433*</b>	0,093

#### **4.7.4.4 Korrelationen zwischen der Glutamatdehydrogenaseaktivität im**

##### **Leberhomogenat und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels bei variierenden Vorbruttemperaturen**

Die Korrelationen zwischen der GLDH-Aktivität in der Leberfrischmasse und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels waren bei den männlichen Tieren der Gruppe 1 mit Ausnahme des Zusammenhangs zwischen dem Respiratorischen Kontrollwert und der Enzymwirkung positiv. Im Vergleich dazu wurden für die weiblichen Probanden dieser Gruppe positive Beziehungen lediglich zwischen der Effizienz der oxidativen Phosphorylierung und der GLDH-Aktivität bestimmt. Daraus folgt, dass eine ausgeprägte mitochondriale Stoffwechselaktivität bei den männlichen Enten mit einer stärkeren Enzymaktivität verbunden war, während bei den weiblichen Tieren dieser Gruppe mit Ausnahme der Höhe des ADP/ O-Quotienten eine stärkere Stoffwechselaktivität mit einer eingeschränkten Enzymwirkung einhergingen (siehe Tab. 90).

Folgende Korrelationen konnten in diesem Zusammenhang für die Tiere der Gruppe 2 berechnet werden. Für die männlichen Enten dieser Gruppe wurden positive Verbindungen zwischen der enzymatischen Wirksamkeit und der mitochondrialen Atmungsintensität bestimmt. Bei den weiblichen Tieren dieser Gruppe war hingegen ein zunehmender Sauerstoffverbrauch in Status 2-4 mit einer verringerten Enzymwirkung gekoppelt. Der ADP/ O-Quotient war bei beiden Geschlechtern negativ mit der Wirkung der GLDH korreliert. Bei den männlichen Enten dieser Gruppe war zusätzlich der Anteil intakter Mitochondrien mit einer eingeschränkten Enzymaktivität verbunden. Dies bedeutet, dass mit zunehmender Enzymaktivität die Effizienz der oxidativen Phosphorylierung und die Zahl der intakten Mitochondrien zurückgeht.

Statistisch absichern ließen sich die in diesem Bereich bestimmten Korrelationen allerdings nicht (siehe Tab. 91).

Bei der Gruppe 3 waren der mitochondriale O<sub>2</sub>-Verbrauch und die Höhe der GLDH-Aktivität geschlechtsunspezifisch negativ miteinander korreliert, was sich für die Daten der weiblichen Probanden in einem Fall auch statistisch absichern ließ. Die Höhe des ADP/ O-Quotienten und des Respiratorischen Kontrollwertes waren dagegen bei beiden Geschlechtern positiv korreliert. Tiere mit einer ausgeprägten GLDH-Aktivität wiesen danach mehr intakte Mitochondrien und eine effizienter arbeitende oxidative Phosphorylierung auf, wobei sich dies für die weiblichen Tiere zum Teil auch statistisch absichern ließ (siehe Tab.92).

#### **4.7.4.5 Korrelationen zwischen der Glutamatdehydrogenaseaktivität in Herzfrischmasse und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels bei variierenden Vorbruttemperaturen**

Zusätzlich zu den Zusammenhängen zwischen den Parametern des mitochondrialen Energiestoffwechsels und der GLDH-Aktivität in Leberfrischmasse wurden die entsprechenden Beziehungen auch bezüglich der Enzymwirkung in Herzfrischmasse bei variierenden Brutbedingungen bestimmt.

Hier war eine geringere enzymatische Aktivität bei der Gruppe 1 geschlechtsunabhängig verbunden mit einem höheren mitochondrialen Sauerstoffverbrauch und einer effizienteren oxidativen Phosphorylierung. Die Höhe des Respiratorischen Kontrollwertes korrelierte bei den männlichen Tieren dieser Gruppe positiv, bei den weiblichen Probanden hingegen negativ mit der Enzymaktivität. Männliche Tiere mit einer stärkeren GLDH-Aktivität wiesen danach mehr intakte Mitochondrien auf, während weibliche mit zunehmender GLDH-Aktivität weniger funktionsfähige Mitochondrien zeigten (siehe Tab. 90).

Bei den männlichen Tieren der Gruppe 2 wurden zwischen den genannten Parametern überwiegend negative Beziehungen berechnet. Eine Zunahme der mitochondrialen Atmungsaktivität war hier verbunden mit einer reduzierten Enzymwirkung. Weibliche Tiere dieser Gruppe wiesen hingegen nur zwischen dem Sauerstoffverbrauch in Status 2-4 und der GLDH-Wirkung negative Beziehungen auf. Die Höhe des ADP/ O-Quotienten und des Respiratorischen Kontrollwertes waren dagegen mit höheren Enzymaktivitäten korreliert. Statistisch signifikant waren diese Ergebnisse jedoch nicht (siehe Tab. 91).

Folgende Beziehungen ergaben sich für die Tiere der Gruppe 3. Hier war der mitochondriale Sauerstoffverbrauch der männlichen Tiere signifikant bis hochsignifikant negativ mit dem enzymatischen Wirkungsgrad verbunden. Die Effizienz der oxidativen Phosphorylierung und die Funktionsfähigkeit der Mitochondrien waren dagegen positiv mit einer stärkeren GLDH-Aktivität gekoppelt, was aber nicht statistisch zu belegen war.

Bei den weiblichen Tieren wurden, verglichen mit den Korrelationen der männlichen Enten, negative Beziehungen lediglich zwischen dem mitochondrialen O<sub>2</sub>-Verbrauch nach vollständiger Umsetzung des ADP's (Status 4) sowie der Höhe des ADP/ O-Quotienten und der GLDH-Aktivität bestimmt. Die übrigen Parameter des mitochondrialen Energiestoffwechsels standen in positivem Zusammenhang mit der Enzymaktivität. Statistisch signifikant war jedoch nur die Beziehung zwischen dem Respiratorischen Kontrollwert und der GLDH-Aktivität (siehe Tab. 92).

Tab. 90: Korrelationen zwischen der GLDH-Aktivität und dem mitochondrialen Energiestoffwechsel männlicher und weiblicher Enten bei einer Vorbruttemperatur von 36,5 °C

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	GLDH-Leber	GLDH-Herz	n	GLDH-Leber	GLDH-Herz
Status 2	18	0,052	-0,225	16	-0,287	-0,292
Status 3	18	0,041	-0,211	16	-0,285	-0,290
Status 4	18	0,13	-0,309	16	-0,279	-0,286
ADP/ O	18	0,313	0,081	16	0,098	0,314
RCR	18	-0,163	0,127	16	-0,109	-0,089

Tab. 91: Korrelationen zwischen der GLDH-Aktivität und dem mitochondrialen Energiestoffwechsel männlicher und weiblicher Enten bei einer Vorbruttemperatur von 37,5 °C

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	GLDH-Leber	GLDH-Herz	n	GLDH-Leber	GLDH-Herz
Status 2	19	0,032	-0,376	15	-0,495	-0,149
Status 3	19	0,027	-0,363	15	-0,491	-0,133
Status 4	19	0,059	-0,436	15	-0,483	-0,240
ADP/ O	19	-0,328	-0,093	15	-0,039	0,244
RCR	19	0,098	0,149	15	-0,071	0,037

Tab. 92: Korrelationen zwischen der GLDH-Aktivität und dem mitochondrialen Energiestoffwechsel männlicher und weiblicher Enten bei einer Vorbruttemperatur von 38,5 °C

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	GLDH-Leber	GLDH-Herz	n	GLDH-Leber	GLDH-Herz
Status 2	28	-0,223	<b>-0,466*</b>	28	-0,279	0,037
Status 3	28	-0,202	<b>-0,444*</b>	28	-0,258	0,058
Status 4	28	-0,334	<b>-0,563**</b>	28	<b>-0,388*</b>	-0,085
ADP/ O	28	0,319	0,174	28	<b>0,444*</b>	-0,054
RCR	28	0,261	0,216	28	<b>0,413*</b>	<b>0,382*</b>

#### 4.7.4.6 Korrelationen zwischen der Glutamatdehydrogenaseaktivität im

##### Leberhomogenat und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels in Bezug auf die Behandlung mit Halothan

Die Halothanbehandlung beeinflusste lediglich die Korrelationen zwischen dem mitochondrialen O<sub>2</sub>-Verbrauch und der GLDH-Aktivität der männlichen Probanden. Bei unbehandelten Tieren war eine zunehmende Atmungsaktivität der Mitochondrien verbunden mit einer zunehmenden Enzymwirkung. Behandelte Probanden wiesen negative Zusammenhänge auf. Eine zunehmende mitochondriale Atmungsaktivität war hier gekoppelt mit einer verringerten Enzymaktivität.



Bei den unbehandelten weiblichen Enten ließen sich die negativen Zusammenhänge zwischen den Parametern des mitochondrialen Energiestoffwechsels und dem enzymatischen Wirkungsgrad im Gegensatz zu den behandelten Enten statistisch belegen (siehe Tab.93 u. 94).

#### 4.7.4.7 Korrelationen zwischen der Glutamatdehydrogenaseaktivität in Herzfrischmasse und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels in Bezug auf die Behandlung mit Halothan

Die Korrelationen, die für die behandelten Tiere berechnet wurden, differierten nur in geringem Maße von denen der unbehandelten. Bei halothanbehandelten männlichen Enten war die Effizienz der oxidativen Phosphorylierung verbunden mit einer eingeschränkten Aktivität der GLDH, bei unbehandelten Probanden war das Gegenteil der Fall. Mit höherer Enzymaktivität nahm hier die Effizienz der oxidativen Phosphorylierung zu.

Die Korrelationen, die für die behandelten bzw. unbehandelten weiblichen Enten bestimmt werden konnten, unterschieden sich nur bezüglich der Verbindung zwischen dem Respiratorischen Kontrollwert und der Enzymwirkung. Hier ergaben sich für die unbehandelten Tiere positive Zusammenhänge, bei den behandelten hingegen negative. Statistisch absichern ließen sich diese Ergebnisse allerdings auch hier nicht (siehe Tab.93 u. 94).

Tab. 93: Korrelationen zwischen der GLDH-Aktivität und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels halothanbehandelter männlicher und weiblicher Enten

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	GLDH-Leber	GLDH-Herz	n	GLDH-Leber	GLDH-Herz
Status 2	31	-0,347	<b>-0,383*</b>	30	-0,270	-0,107
Status 3	31	-0,338	<b>-0,370*</b>	30	-0,257	-0,090
Status 4	31	<b>-0,383</b>	<b>-0,441*</b>	30	-0,329	-0,200
ADP/ O	31	0,232	-0,036	30	<b>0,442*</b>	0,119
RCR	31	0,021	0,074	30	0,243	-0,033

Tab. 94: Korrelationen zwischen der GLDH-Aktivität und dem mitochondrialen Energiestoffwechsel nicht halothanisierter männlicher und weiblicher Enten

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	GLDH-Leber	GLDH-Herz	n	GLDH-Leber	GLDH-Herz
Status 2	34	0,216	-0,315	29	<b>-0,384*</b>	-0,090
Status 3	34	0,214	-0,294	29	<b>-0,374*</b>	-0,082
Status 4	34	0,211	<b>-0,429*</b>	29	<b>-0,427*</b>	-0,137
ADP/ O	34	0,027	0,142	29	0,061	0,072
RCR	34	0,022	0,285	29	0,054	0,129

#### 4.7.5 Zusammenhänge zwischen der Höhe der Vorbruttemperatur und der mitochondrialen Enzymaktivität

Mit zunehmender Vorbruttemperatur nahmen die im Leberhomogenat bestimmten SDH-Aktivitäten bei beiden Geschlechtern zu. Die in Herzfrischmasse ermittelte SDH-Wirkung ging dagegen mit steigender Vorbruttemperatur zurück, wobei dieser Effekt bei den weiblichen Enten deutlich stärker ausgeprägt war (siehe Tab. 95).

Die GLDH-Aktivität in Leberfrischmasse war bei den männlichen Enten positiv mit der Höhe der Vorbruttemperatur verbunden, während für die weiblichen Tiere negative Zusammenhänge bestimmt wurden. Höhere Vorbruttemperaturen waren danach bei den männlichen Probanden verbunden mit steigenden GLDH-Enzymaktivitäten, bei den weiblichen Enten hingegen mit zurückgehenden GLDH-Wirkungen.

Die in Herzfrischmasse ermittelten GLDH-Aktivitäten verhielten sich dagegen genau entgegengesetzt. Hier war die Höhe der Vorbruttemperatur bei den männlichen Tieren mit sinkenden, bei den weiblichen hingegen mit steigenden Enzymwirkungen verbunden. Statistisch signifikant waren diese Ergebnisse jedoch nicht (siehe Tab. 95).

##### 4.7.5.1 Zusammenhänge zwischen der Halothaneinwirkung und der mitochondrialen Enzymaktivität

Die Behandlung mit dem Inhalationsnarkotikum hatte bei den männlichen Enten einen negativen Einfluss auf die mitochondriale Enzymaktivität insgesamt. Bei den weiblichen Tieren ergaben sich ähnliche Zusammenhänge lediglich bei den im Herzhomogenat bestimmten Enzymwirkungen. Die SDH- und GLDH-Aktivität in Leberfrischmasse war demgegenüber bei behandelten weiblichen Tieren stärker ausgeprägt. Statistisch zu belegen waren auch diese Ergebnisse allerdings nicht (siehe Tab. 95).

Tab. 95: Zusammenhänge zwischen den Vorbrutbedingungen und der mitochondrialen Enzymaktivität

Brutbedingung	Sex	n	SDH-Leber	SDH-Herz	GLDH-Leber	GLDH-Herz
Temp. 1-3	1	65	0,134	-0,012	0,127	-0,143
Temp. 1-3	2	59	0,149	-0,23	-0,018	0,082
Halothan 1-2	1	65	0,012	0,101	0,094	0,103
Halothan 1-2	2	59	-0,177	0,016	-0,121	0,074

36,5 °C = 1    männlich = 1    halothanbehandelt = 1  
 37,5 °C = 2    weiblich = 2    nicht halothanisiert = 2  
 38,5 °C = 3

## **4.8 Herz- und Lebergewichte**

Zusätzlich zu den schon beschriebenen Parametern soll in der anschließend aufgeführten Varianzanalyse der Einfluss der Brutbedingungen auf die Gewichte (absolut und relativ) von Herz und Leber dargestellt werden. Die Gewichte der betreffenden Organe wurden direkt nach der Schlachtung von allen Tieren ermittelt, wobei allerdings die Lebergewichte nur bei dem ersten Durchgang an Standort 1 bestimmt wurden.

Aufgrund des Geschlechtsdimorphismus und des höchstsignifikanten Einflusses des Geschlechts auf die Ausprägung der Organgewichte (siehe Tab. 97) erfolgten die hierzu durchgeführten Berechnungen nach Geschlechtern getrennt.

### **4.8.1 Signifikante Einflüsse auf die Herz- und Lebergewichte**

Halothanbehandelte männliche Tiere hatten im Vergleich zu den nicht halothanisierten Probanden signifikant geringere Herzgewichte. Auf die übrigen in diesem Zusammenhang bestimmten Parameter hatte die Halothaneinwirkung keinen signifikanten Einfluss. Nicht halothanisierte männliche Enten zeigten hier jedoch absolut wie relativ höhere Organgewichte. Keinen signifikanten Einfluss auf die Ausprägung der Organgewichte hatte die Halothanbehandlung bei den weiblichen Enten (siehe Tab. 96 u. 97 sowie Abb. 24 u. 25). Die Höhe der Vorbruttemperatur beeinflusste lediglich die Lebergewichte im Verhältnis zur Körpermasse der weiblichen Enten. Die Probanden der Gruppe 1 (36,5 °C Vorbruttemperatur) wiesen hier signifikant höhere relative Lebergewichte als die Enten der anderen Temperaturgruppen auf. Die geringsten Werte wurden in diesem Zusammenhang bei Optimaltemperatur (37,5 °C Vorbruttemperatur) inkubierten Enten bestimmt. Diese unterschieden sich signifikant von den Gewichten der übrigen Gruppen (siehe Tab. 96 u. 97). Analog hierzu waren auch die absoluten Lebergewichte der Gruppe 1 die höchsten, während im Gegensatz zu den relativen Lebergewichten die geringsten Werte bei der Gruppe 3 (38,5 °C Vorbruttemperatur) gemessen wurden.

Die Herzgewichte der weiblichen Probanden erreichten absolut gesehen bei der Gruppe 1, in Relation zur Körpermasse bei der Gruppe 3 die stärkste Ausprägung. Die geringsten Werte wurden hier absolut betrachtet bei der Gruppe 2, relativ gesehen jedoch bei der Gruppe 1 gemessen.

Bei den männlichen Probanden konnten die höchsten Herzgewichte bei der Gruppe 3, die geringsten bei der Gruppe 2 gemessen werden. Auch die Herzgewichte in Relation zur

Körpermasse erreichten die höchsten Werte bei der Gruppe 3, die leichtesten Herzen wiesen hier jedoch die Tiere der Gruppe 1 auf.

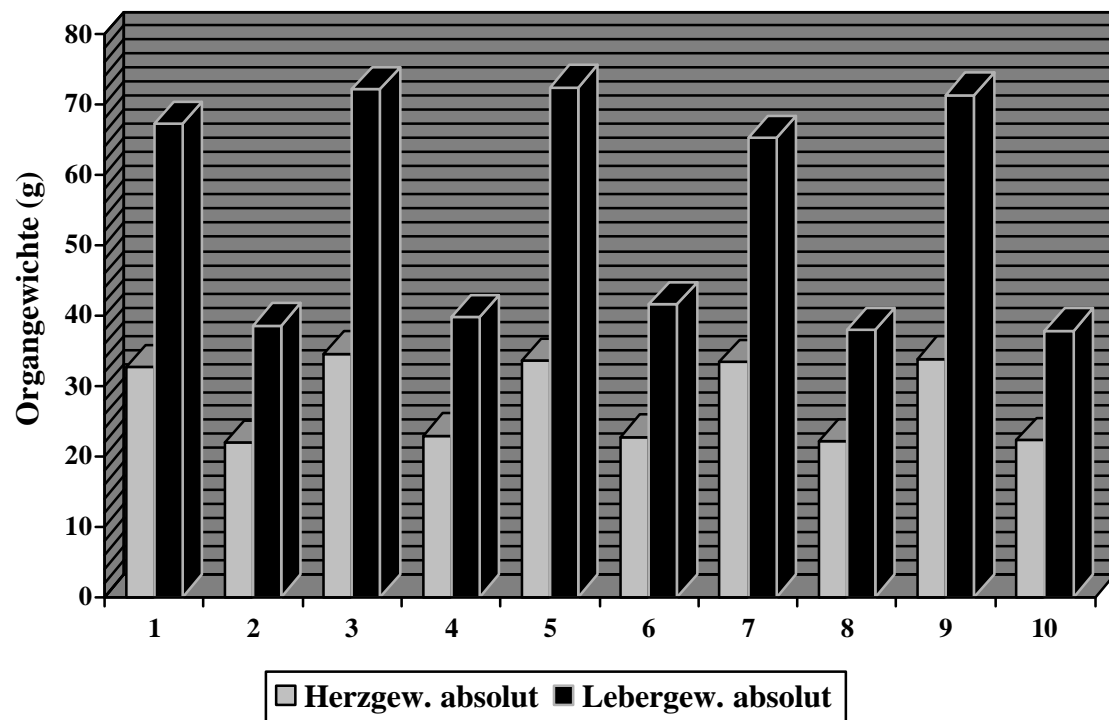
Bei den Lebergewichten erreichten absolut wie auch relativ betrachtet die männlichen Enten der Gruppe 1 die höchsten Werte, während die bei Optimaltemperatur inkubierten Enten die geringsten Lebergewichte zeigten (siehe Tab. 96 u. Abb. 25 u. 26).

Tab. 96: Signifikante Einflüsse auf die Herz- und Lebergewichte

Einflussgröße	geschätzte Randmittel u. Standardfehler (absolut in g u. relativ in %)					
	n	Herzgew. absolut	Herzgew. rel.	n	Lebergew. absolut	Lebergew. rel.
Sex						
männl.	134	33,67/ 0,375	0,675/ 0,010	65	69,83/ 1,21	1,42/ 0,023
weibl.	109	22,34/ 0,414	0,776/ 0,011	60	38,83/ 1,37	1,37/ 0,024
männl. Halothan						
ja	70	32,72/ 0,619	0,671/ 0,013	31	67,19/ 2,10	1,42/ 0,034
nein	64	34,59/ 0,650	0,681/ 0,014	34	72,04/ 2,05	1,42/ 0,034
weibl. Halothan						
ja	56	21,85/ 0,410	0,775/ 0,015	30	38,58/ 1,38	1,36/ 0,035
nein	53	22,85/ 0,410	0,776/ 0,015	30	39,72/ 1,35	1,38/ 0,035
Temp. männl.						
36,5 °C	37	33,60/ 0,621	0,673/ 0,018	18	72,34/ 1,98	1,46/ 0,045
37,5 °C	44	33,47/ 0,614	0,677/ 0,017	19	65,24/ 2,05	1,36/ 0,044
38,5 °C	53	33,89/ 0,602	0,678/ 0,015	28	71,26/ 2,09	1,44/ 0,035
Temp. weibl.						
36,5 °C	33	22,71/ 0,525	0,759/ 0,019	16	41,56/ 1,84	1,41/ 0,047
37,5 °C	36	22,08/ 0,503	0,766/ 0,019	16	38,00/ 1,82	1,31/ 0,047
38,5 °C	40	22,25/ 0,477	0,802/ 0,019	28	37,89/ 1,38	1,39/ 0,035

Tab. 97: Signifikanzniveaus zu den die Herz - und Lebergewichte beeinflussenden Merkmalen

Einflussgröße	Signifikanzniveaus			
	Herzgew. absolut	Herzgew. relativ	Lebergew. absolut	Lebergew. relativ
Sex	<b>p = 0,000***</b>	<b>p = 0,000***</b>	<b>p = 0,000***</b>	p = 0,105
Halothan männl.				
ja/ nein	<b>p = 0,038*</b>	p = 0,602	p = 0,109	p = 0,941
Halothan weibl.				
ja/ nein	p = 0,088	p = 0,977	p = 0,554	p = 0,792
Temp. männl.				
36,5 °C/ 37,5 °C	p = 0,910	p = 0,850	p = 0,076	p = 0,123
36,5 °C/ 38,5 °C	p = 0,793	p = 0,824	p = 0,761	p = 0,714
37,5 °C/ 38,5 °C	p = 0,690	p = 0,979	p = 0,082	p = 0,159
Temp. weibl.				
36,5 °C/ 37,5 °C	p = 0,388	p = 0,797	p = 0,177	<b>p = 0,047*</b>
36,5 °C/ 38,5 °C	p = 0,519	p = 0,105	p = 0,117	<b>p = 0,047*</b>
37,5 °C/ 38,5 °C	p = 0,804	p = 0,163	p = 0,960	<b>p = 0,035*</b>



1 = halothanbehandelt männl.

2 = halothanbehandelt weibl.

3 = nicht halothanisiert männl.

4 = nicht halothanisiert weibl.

5 = männl. Temp. 36,5 °C

6 = weibl. Temp. 36,5 °C

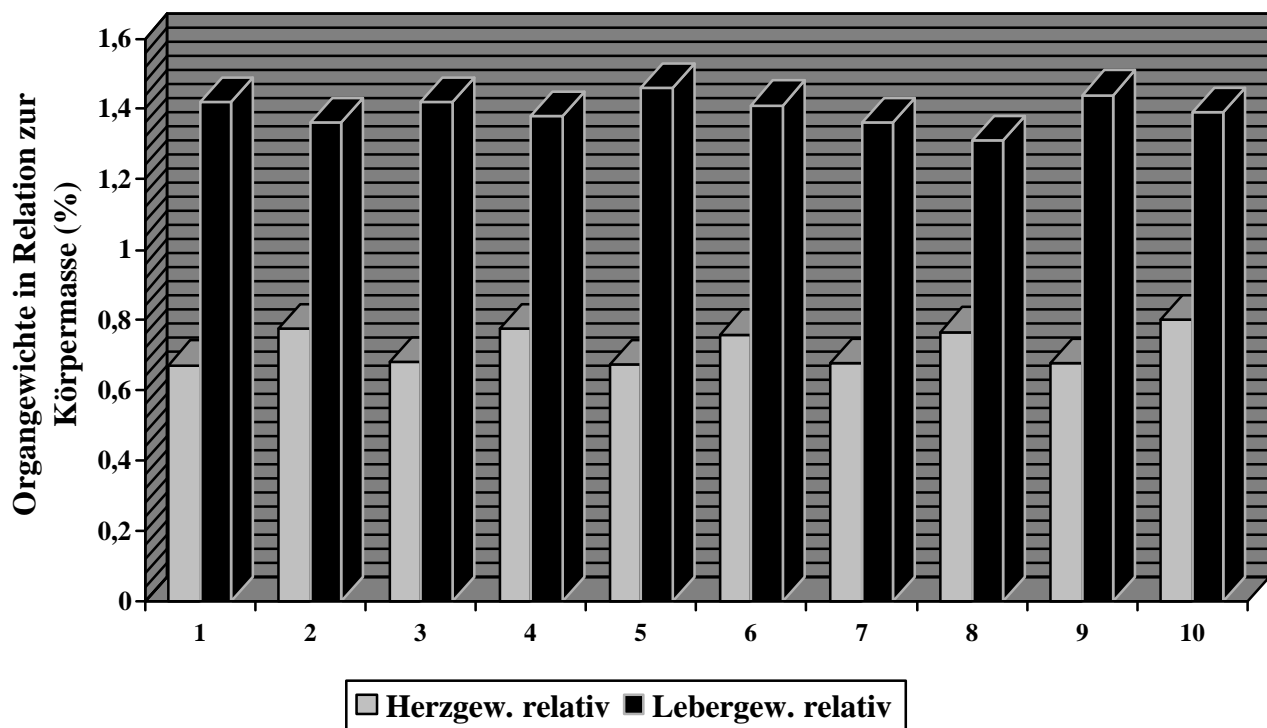
7 = männl. Temp. 37,5 °C

8 = weibl. Temp. 37,5 °C

9 = männl. Temp. 38,5 °C

10 = weibl. Temp. 38,5 °C

Abb. 25: Abbildung zu den absoluten Organgewichten unter Berücksichtigung von Brutregime und Geschlecht



- |                                 |                                 |
|---------------------------------|---------------------------------|
| 1 = halothanbehandelt männl.    | 2 = halothanbehandelt weibl.    |
| 3 = nicht halothanisiert männl. | 4 = nicht halothanisiert weibl. |
| 5 = männlich Temp. 36,5 °C      | 6 = weibl. Temp. 36,5 °C        |
| 7 = männl. Temp. 37,5 °C        | 8 = weibl. Temp. 37,5 °C        |
| 9 = männl. Temp. 38,5 °C        | 10 = weibl. Temp. 38,5 °C       |

Abb. 26: Abbildung zu den Organgewichten im Verhältnis zur Lebendmasse unter Berücksichtigung von Brutregime und Geschlecht

#### 4.8.2 Korrelationen zwischen der embryonalen Atmung und den absoluten Herzgewichten

Das Herzgewicht war absolut betrachtet bruttemperaturunabhängig bei den männlichen Probanden hochsignifikant positiv mit der embryonalen Atmungsaktivität korreliert. Höhere Herzgewichte waren verbunden mit einer stärkeren embryonalen Atmungsintensität.

Auch bei den weiblichen Enten war die Höhe des embryonalen O<sub>2</sub>-Verbrauchs verbunden mit höheren Herzgewichten. Statistisch signifikant war dies jedoch nur für die Tiere der Gruppe 3 (38,5 °C Vorbruttemperatur).

Die Halothanbehandlung beeinflusste die Korrelationen zwischen den beschriebenen Merkmalen lediglich bei den weiblichen Tieren, bei den männlichen Enten ergaben sich bei behandelten wie unbehandelten hochsignifikant positive Zusammenhänge. Die Atmungsaktivität der behandelten weiblichen Probanden war ebenfalls hochsignifikant mit höheren Herzgewichten korreliert, während hier bei den unbehandelten weiblichen Enten nur schwach positive Zusammenhänge berechnet werden konnten (siehe Tab. 98).

#### 4.8.2.1 Korrelationen zwischen der embryonalen Atmung und den relativen Herzgewichten

Bei den männlichen Probanden war die embryonale Atmungsaktivität analog zu den berechneten Zusammenhängen zwischen der embryonalen Atmung und den absoluten Herzgewichten signifikant bis hochsignifikant positiv korreliert mit der Höhe der relativen Herzgewichte.

Bei den weiblichen Enten ergaben sich in diesem Zusammenhang ebenfalls ausschließlich positive Zusammenhänge, die für die Enten der Gruppe 3 (Vorbruttemperatur 38,5 °C) auch statistisch signifikant waren (siehe Tab. 98).

Die Behandlung mit dem Inhalationsnarkotikum hatte in Bezug auf die männlichen Tiere nur geringen Einfluss auf die Korrelationen zwischen den betreffenden Parametern. Die Zusammenhänge bei den weiblichen Tieren unterschieden sich halothanbedingt dahingehend, dass bei den behandelten Tieren hochsignifikante Zusammenhänge zwischen den beschriebenen Parametern errechnet werden konnten, die sich diese bei den nicht halothanisierten Enten nicht feststellen ließen (siehe Tab. 98).

Tab. 98: Korrelationen zwischen den Herzgewichten (relativ und absolut) und dem embryonalen O<sub>2</sub>-Verbrauch männlicher und weiblicher Enten bei variierenden Vorbrutbedingungen

Vorbrutbedingungen	männlich			weiblich		
	n	Herz (absolut in g)	Herz (relativ in %)	n	Herz (absolut in g)	Herz (relativ in %)
Gruppe 1 (36,5 °C)	37	<b>0,445**</b>	<b>0,406*</b>	33	0,187	0,250
Gruppe 2 (37,5 °C)	44	<b>0,555**</b>	<b>0,518**</b>	36	0,280	0,258
Gruppe 3 (38,5 °C)	53	<b>0,365**</b>	<b>0,440**</b>	40	<b>0,316*</b>	<b>0,397*</b>
Halothan ja	70	<b>0,503**</b>	<b>0,537**</b>	56	<b>0,382**</b>	<b>0,405**</b>
Halothan nein	64	<b>0,334**</b>	<b>0,355**</b>	53	0,006	0,264

### **4.8.3 Korrelationen zwischen der embryonalen Atmung und den absoluten**

#### **Lebergewichten**

Die in diesem Zusammenhang berechneten Korrelationen waren bei den männlichen und weiblichen Enten mit Ausnahme der Zusammenhänge, die sich für die Gruppe 2 ergaben, schwach negativ. Höhere absolute Lebergewichte waren bei suboptimalen Vorbruttemperaturen mit einer geringeren embryonalen Atmungsintensität verbunden. Bei den Probanden der Gruppe 2 konnten dagegen schwach positive Verbindungen bestimmt werden. Hier waren höhere Lebergewichte korreliert mit einer stärkeren Atmung. Statistisch absichern ließ sich dies allerdings nicht (siehe Tab. 99).

Bei halothanbehandelten männlichen Enten konnten negative Verbindungen zwischen den entsprechenden Merkmalen bestimmt werden, während bei den nicht halothanisierten schwach positive Zusammenhänge errechnet wurden. Bei behandelten männlichen Enten war die Atmungsintensität verbunden mit geringeren, bei nicht halothanisierten dagegen mit höheren Lebergewichten.

Nicht halothanisierte weibliche Probanden mit größeren Lebergewichten zeigten im Gegensatz zu den männlichen eine geringere embryonale Atmungsintensität. Behandelte weibliche Tiere mit höheren Lebergewichten zeigten dagegen eine stärker ausgeprägte Atmungsintensität (siehe Tab. 99).

#### **4.8.3.1 Korrelationen zwischen der embryonalen Atmung und den relativen**

##### **Lebergewichten**

Für die männlichen Enten konnten in Abhängigkeit von der Vorbruttemperatur folgende Korrelationen zwischen der embryonalen Atmung und den Lebergewichten im Verhältnis zum Körpergewicht bestimmt werden. Für die Probanden der Gruppen 1 und 2 ergaben sich negative Zusammenhänge, dagegen konnten für die Gruppe 3 schwach positive Verbindungen bestimmt werden. Bei den Gruppen 1 und 2 war ein höheres relatives Lebergewicht verbunden mit einer geringeren embryonalen Atmungsaktivität, bei der Gruppe 3 dagegen mit einem stärker ausgeprägten embryonalen Sauerstoffverbrauch.

Bei den weiblichen Probanden hingegen wurden temperaturunabhängig ausschließlich positive Verbindungen berechnet. Ähnlich wie bei den männlichen Tieren der Gruppe 3 waren bei den weiblichen Tieren höhere relative Lebergewichte gekoppelt mit einem ausgeprägteren O<sub>2</sub>-Verbrauch. Statistisch absichern ließen sich diese Ergebnisse aber weder für die männlichen noch für die weiblichen Enten (siehe Tab. 99).



Die Behandlung mit dem Inhalationsnarkotikum wirkte sich bei den männlichen Probanden wie folgt auf die berechneten Zusammenhänge aus. Behandelte Tiere mit einem höheren embryonalen Sauerstoffverbrauch wiesen danach geringere relative Lebergewichte auf. Für die nicht halothanisierten Probanden wurden dagegen schwach positive Zusammenhänge bestimmt. Ein höherer pränataler Sauerstoffverbrauch war hier verbunden mit einem ausgeprägteren relativen Lebergewicht. Ähnliche Zusammenhänge konnten behandlungsunabhängig auch bei den weiblichen Probanden bestimmt werden (siehe Tab. 99).

Tab. 99: Korrelationen zwischen den Lebergewichten (relativ und absolut) und dem embryonalen O<sub>2</sub>-Verbrauch männlicher und weiblicher Enten bei variierenden Vorbrutbedingungen

Vorbrutbedingungen	männlich			weiblich		
	n	Leber (absolut in g)	Leber (relativ in %)	n	Leber (absolut in g)	Leber (relativ in %)
Gruppe 1 (36,5 °C)	18	-0,096	-0,284	16	-0,038	0,033
Gruppe 2 (37,5 °C)	19	0,008	-0,045	16	0,154	0,265
Gruppe 3 (38,5 °C)	28	-0,077	0,001	28	-0,012	0,031
Halothan ja	31	-0,220	-0,269	30	0,044	0,107
Halothan nein	34	0,008	0,061	30	-0,102	0,042

#### 4.8.4 Korrelationen zwischen dem Herzgewicht (absolut und relativ) und der Gewichtsentwicklung in Abhängigkeit von der Vorbruttemperatur

Im Gegensatz zu den Beziehungen zwischen den absoluten sowie relativen Lebergewichten und der Gewichtsentwicklung, die nur unwesentlich voneinander abwichen, unterschieden sich die bestimmten Zusammenhänge zwischen den absoluten sowie relativen Herzgewichten und der Gewichtsentwicklung deutlich.

Zwischen den absoluten Herzgewichten und der vorausgegangenen Lebendmasseentwicklung konnten die folgenden Zusammenhänge bestimmt werden.

Bei den männlichen Enten der Gruppe 1 (36,5 °C Vorbruttemperatur) wurden Korrelationen mit wechselnden Vorzeichen bestimmt. Bis zur 10. Lebenswoche überwogen hier die negativen Beziehungen. Erst ab der 12. Lebenswoche waren höhere absolute Herzgewichte signifikant positiv mit einer stärkeren Gewichtsentwicklung korreliert. Bei den weiblichen Tieren dieser Temperaturgruppe ergaben sich im Vergleich dazu ausschließlich positive Zusammenhänge. Höhere absolute Herzgewichte waren hier mit zum Mastende hin hochsignifikant stärker ausgeprägten Lebendmassezunahmen gekoppelt (siehe Tab. 100).

Tab. 100: Korrelationen zwischen den Herzgewichten (absolut und relativ) und der Entwicklung der Lebendmasse bei einer Vorbruttemperatur von 36,5 °C

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	Herzgew. (absolut)	Herzgew. (relativ)	n	Herzgew. (absolut)	Herzgew. (relativ)
Schlupfgewicht	37	0,200	0,128	33	0,113	-0,028
Gewicht 2. Woche	37	-0,086	<b>-0,327*</b>	33	0,092	-0,145
Gewicht 4. Woche	37	0,043	-0,317	33	0,256	-0,111
Gewicht 6. Woche	37	-0,175	<b>-0,527**</b>	33	0,189	-0,226
Gewicht 8. Woche	37	-0,028	<b>-0,390*</b>	33	0,131	<b>-0,416*</b>
Gewicht 10. Woche	37	-0,207	<b>-0,558**</b>	33	0,157	<b>-0,485**</b>
Gewicht 12. Woche	37	<b>0,390*</b>	-0,095	33	<b>0,525**</b>	-0,288
Gewicht 14. Woche	37	<b>0,330*</b>	-0,189	33	<b>0,527**</b>	-0,313

Bei Optimaltemperatur bebrüteten Enten wurden geschlechtsunabhängig nahezu ausschließlich positive Zusammenhänge zwischen den zuvor genannten Merkmalen errechnet, die sich für die männlichen Tiere zum Teil auch statistisch absichern ließen (siehe Tab. 101).

Tab. 101: Korrelationen zwischen den Herzgewichten (absolut und relativ) und der Entwicklung der Lebendmasse bei einer Vorbruttemperatur von 37,5 °C

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	Herzgew. (absolut)	Herzgew. (relativ)	n	Herzgew. (absolut)	Herzgew. (relativ)
Schlupfgewicht	44	0,184	0,039	36	-0,015	-0,036
Gewicht 2. Woche	44	<b>0,357*</b>	0,210	36	0,084	-0,070
Gewicht 4. Woche	44	<b>0,374*</b>	0,252	36	0,196	-0,088
Gewicht 6. Woche	44	0,281	0,126	36	0,157	-0,183
Gewicht 8. Woche	44	<b>0,421**</b>	0,183	36	0,321	-0,091
Gewicht 10. Woche	44	0,212	-0,167	36	0,315	-0,205
Gewicht 12. Woche	44	<b>0,333*</b>	<b>-0,307*</b>	36	0,211	<b>-0,361*</b>
Gewicht 14. Woche	44	0,182	<b>-0,482**</b>	36	0,222	<b>-0,358*</b>

Bei 38,5 °C bebrütete männliche Tiere (Gruppe 3) mit höheren absoluten Herzgewichten zeigten bis zur 10. Lebenswoche geringere Gewichtszunahmen, ab der 12. Lebenswoche war jedoch auch bei den männlichen Tiere dieser Gruppe eine ausgeprägtere Lebendmasseentwicklung hochsignifikant gekoppelt mit größeren Herzgewichten.

Für die weiblichen Enten dieser Gruppe wurden in diesem Zusammenhang überwiegend positive Beziehungen bestimmt. Im mittleren Abschnitt der Mast war ein höheres Herzgewicht negativ mit der Entwicklung der Lebendmasse verbunden. Zu Beginn und zum Ende der Mast zeigten die entsprechenden Enten mit höheren Herzgewichten auch stärkere Gewichtszunahmen, was sich aber statistisch nicht belegen ließ (siehe Tab. 102).

Tab. 102: Korrelationen zwischen den Herzgewichten (absolut und relativ) und der Entwicklung der Lebendmasse bei einer Vorbruttemperatur von 38,5 °C

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	Herzgew. (absolut)	Herzgew. (relativ)	n	Herzgew. (absolut)	Herzgew. (relativ)
Schlupfgewicht	53	-0,025	-0,095	40	0,205	0,028
Gewicht 2. Woche	53	-0,172	-0,241	40	0,124	-0,106
Gewicht 4. Woche	53	-0,105	-0,268	40	0,122	-0,189
Gewicht 6. Woche	53	-0,176	<b>-0,373**</b>	40	-0,022	-0,312
Gewicht 8. Woche	53	-0,020	<b>-0,406**</b>	40	-0,006	<b>-0,425**</b>
Gewicht 10. Woche	53	-0,100	<b>-0,426**</b>	40	-0,061	<b>-0,491**</b>
Gewicht 12. Woche	53	<b>0,389**</b>	-0,223	40	0,085	<b>-0,519**</b>
Gewicht 14. Woche	53	<b>0,355**</b>	<b>-0,306*</b>	40	0,124	<b>-0,509**</b>

Während die bestimmten Korrelationen zwischen den relativen Herzgewichten und der Körpermasseentwicklung bei den bei suboptimalen Bruttemperaturen (36,5 °C u. 38,5 °C) inkubierten männlichen und weiblichen Tieren nahezu ausschließlich negativer Art und zum Teil signifikant bis hochsignifikant waren (siehe Tab. 100 u. 102), ergaben sich bei den bei Optimaltemperatur bebrüteten männlichen Tieren erst gegen Ende der Mast negative Verbindungen zwischen den genannten Merkmalen. In der ersten Hälfte der Mast waren bei diesen Tieren höhere relative Herzgewichte verbunden mit stärkeren Körpermasseentwicklungen, erst zu Mastende ergaben sich hier negative Verbindungen. Letztere Beziehungen waren hier auch statistisch signifikant bis hochsignifikant (siehe Tab. 101). Für die weiblichen Tiere wurden im Vergleich dazu ausschließlich negative Beziehungen zwischen den relativen Herzgewichten und der Gewichtsentwicklung bestimmt, die sich gegen Ende der Mast auch statistisch absichern ließen. Im Verhältnis zur Körpermasse höhere Herzgewichte waren demnach verbunden mit einer schwächer ausgeprägten Lebendmasseentwicklung.

#### 4.8.5 Korrelationen zwischen dem Lebergewicht (absolut und relativ) und der Gewichtsentwicklung in Abhängigkeit von der Vorbruttemperatur

Bei den Tieren, die bei suboptimalen Vorbruttemperaturen inkubiert wurden, waren bei beiden Geschlechtern höhere absolute Lebergewichte überwiegend positiv mit der Gewichtsentwicklung verbunden. Dies ließ sich bei den weiblichen Tieren ab der 8. Lebenswoche und bei den männlichen Probanden ab der 12. Lebenswoche statistisch absichern. Danach waren höhere Lebergewichte absolut gesehen bei suboptimalen Bruttemperaturen mit höheren Körpergewichten verbunden (siehe Tab. 103 u. 104).

Tab. 103: Korrelationen zwischen den Lebergewichten (absolut und relativ) und der Entwicklung der Lebendmasse bei einer Vorbruttemperatur von 36,5 °C

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	Lebergew. (absolut)	Lebergew. (relativ)	n	Lebergew. (absolut)	Lebergew. (relativ)
Schlupfgewicht	18	-0,050	-0,197	16	0,061	-0,112
Gewicht 2. Woche	18	-0,025	-0,199	16	0,314	0,196
Gewicht 4. Woche	18	0,209	-0,046	16	0,387	0,197
Gewicht 6. Woche	18	0,185	-0,079	16	0,395	0,204
Gewicht 8. Woche	18	0,377	0,078	16	0,562	0,315
Gewicht 10. Woche	18	0,365	0,064	16	<b>0,565*</b>	0,322
Gewicht 12. Woche	18	<b>0,612**</b>	0,232	16	<b>0,676**</b>	0,319
Gewicht 14. Woche	18	<b>0,640**</b>	0,200	16	<b>0,688**</b>	0,320

Tab. 104: Korrelationen zwischen den Lebergewichten (absolut und relativ) und der Entwicklung der Lebendmasse bei einer Vorbruttemperatur von 38,5 °C

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	Lebergew. (absolut)	Lebergew. (relativ)	n	Lebergew. (absolut)	Lebergew. (relativ)
Schlupfgewicht	28	0,152	0,230	28	0,230	0,237
Gewicht 2. Woche	28	-0,198	-0,211	28	-0,040	-0,125
Gewicht 4. Woche	28	-0,039	-0,171	28	0,162	-0,038
Gewicht 6. Woche	28	-0,019	-0,162	28	0,157	-0,042
Gewicht 8. Woche	28	0,245	-0,142	28	0,370	-0,086
Gewicht 10. Woche	28	0,239	-0,146	28	0,391	-0,065
Gewicht 12. Woche	28	<b>0,543**</b>	0,023	28	<b>0,595**</b>	0,017
Gewicht 14. Woche	28	<b>0,651**</b>	0,108	28	<b>0,702**</b>	0,112

Während die absoluten Lebergewichte der bei Optimaltemperatur inkubierten weiblichen Tiere ausschließlich positiv mit der Gewichtsentwicklung korrelierten, was sich nach der 2. Lebenswoche auch statistisch absichern ließ, ergaben sich in diesem Zusammenhang für die männlichen Tiere dieser Gruppe erst ab der 12. Lebenswoche hochsignifikant positive Korrelationen. Hingegen wurden vom Schlupf bis zur 10. Lebenswoche Verbindungen mit wechselnden Vorzeichen berechnet (siehe Tab. 104).

Tab. 105: Korrelationen zwischen den Lebergewichten (absolut und relativ) und der Entwicklung der Lebendmasse bei einer Vorbruttemperatur von 37,5 °C

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	Lebergew. (absolut)	Lebergew. (relativ)	n	Lebergew. (absolut)	Lebergew. (relativ)
Schlupfgewicht	19	-0,086	-0,296	16	0,270	0,350
Gewicht 2. Woche	19	0,012	-0,178	16	0,255	0,169
Gewicht 4. Woche	19	0,019	-0,155	16	<b>0,532*</b>	0,369
Gewicht 6. Woche	19	0,024	-0,153	16	<b>0,527*</b>	0,362
Gewicht 8. Woche	19	-0,035	-0,438	16	<b>0,603*</b>	0,365
Gewicht 10. Woche	19	-0,008	-0,436	16	<b>0,592*</b>	0,352
Gewicht 12. Woche	19	<b>0,638**</b>	-0,072	16	<b>0,688**</b>	0,406
Gewicht 14. Woche	19	<b>0,610**</b>	-0,125	16	<b>0,704**</b>	0,420

Die Höhe der Lebergewichte in Relation zum Mastendgewicht korrelierte bei den männlichen Tieren der Gruppen 1 und 3 zu Mastbeginn überwiegend negativ mit der Gewichtsentwicklung. Im weiteren Verlauf der Mast ergaben sich dann jedoch positive Zusammenhänge. Zunächst waren die relativen Lebergewichte also mit geringeren Körpergewichten, zum Ende der Mast dann aber mit höheren Gewichtsausprägungen verbunden. Im Gegensatz dazu ergaben sich für die männlichen Enten der Gruppe 2 ausschließlich negative Zusammenhänge zwischen den beschriebenen Parametern.

Im Vergleich zu den Korrelationen, die für die männlichen Probanden errechnet wurden, ergaben sich bei den weiblichen Tieren der Gruppen 1 und 2 nahezu ausschließlich positive Verbindungen. Hier waren höhere Gewichte korreliert mit stärker ausgeprägten relativen Lebergewichten. Lediglich für die weiblichen Enten der Gruppe 3 ergaben sich zwischen den genannten Parametern ähnliche Beziehungen wie auch bei den männlichen Tieren dieser Gruppe (siehe Tab. 103-105).

Statistisch absichern ließen sich die in diesem Zusammenhang bestimmten Ergebnisse zu den relativen Lebergewichten jedoch weder für die weiblichen noch für die männlichen Enten.

#### **4.8.5.1 Korrelationen zwischen dem Herzgewicht (absolut und relativ) und der Gewichtsentwicklung in Verbindung mit der Halothanbehandlung**

Die Behandlung der Embryonen mit dem Inhalationsnarkotikum wirkte sich bezüglich der absoluten Herzgewichte in der Weise auf die betreffenden Zusammenhänge aus, dass für die behandelten männlichen und weiblichen Probanden nahezu ausschließlich positive Korrelationen berechnet werden konnten. Höhere Herzgewichte waren hier verbunden mit einer stärkeren Gewichtsentwicklung, was sich für die Zunahmen zu Beginn der Mast und zum Mastende für die männlichen Tiere auch statistisch absichern ließ. Zu Beginn und zum Ende der Mast war eine stärkere Lebendmasseentwicklung verbunden mit signifikant bis hochsignifikant höheren Herzgewichten.

Bei nicht halothanisierten männlichen Tieren ergaben sich zwischen den absoluten Herzgewichten und der Lebendmasseentwicklung Korrelationen mit wechselnden Vorzeichen, die aber nicht statistisch abzusichern waren (siehe Tab. 106 u. 107).

Die relativen Herzgewichte waren dagegen bei den männlichen Probanden behandlungsunabhängig nahezu ausschließlich negativ mit der Entwicklung der Lebendmasse verbunden, was sich gegen Mastende auch statistisch belegen ließ.

Die bestimmten Beziehungen für die weiblichen Enten unterschieden sich halothanbedingt lediglich zu Beginn der Mast und in der 10. Lebenswoche. Behandelte Enten mit höheren absoluten Herzgewichten nahmen zu Mastbeginn stärker zu; nicht halothanisierte Enten mit schwereren Herzen zeigten dagegen geringere Zunahmen. Verglichen mit den behandelten Enten nahmen nicht halothanisierte Tiere mit höheren Herzgewichten in der 10. Lebenswoche signifikant stärker zu. Halothanisierte Probanden mit schwereren Herzen wiesen währenddessen dagegen eine schwächere Gewichtsentwicklung auf.

Die relativen Herzgewichte der weiblichen Tiere waren behandlungsunabhängig überwiegend negativ korreliert mit der Entwicklung der Körpergewichte. Diese Zusammenhänge waren in der zweiten Masthälfte auch statistisch zu belegen. Höhere Körpergewichte waren demnach verbunden mit im Verhältnis zur Lebendmasse geringeren Herzgewichten (siehe Tab. 106 u. 107).

Tab. 106: Korrelationen zwischen den Herzgewichten (absolut und relativ) und der Entwicklung der Lebendmasse bei halothanbehandelten Enten

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	Herzgew. (absolut)	Herzgew. (relativ)	n	Herzgew. (absolut)	Herzgew. (relativ)
Schlupfgewicht	70	<b>0,255*</b>	0,160	56	0,255	0,063
Gewicht 2. Woche	70	0,102	-0,016	56	0,119	0,041
Gewicht 4. Woche	70	0,172	-0,017	56	0,150	-0,010
Gewicht 6. Woche	70	0,012	-0,237	56	0,020	-0,178
Gewicht 8. Woche	70	0,155	-0,153	56	0,004	<b>-0,316*</b>
Gewicht 10. Woche	70	-0,044	<b>-0,400**</b>	56	-0,083	<b>-0,462**</b>
Gewicht 12. Woche	70	<b>0,423**</b>	-0,229	56	0,206	<b>-0,318*</b>
Gewicht 14. Woche	70	<b>0,310**</b>	<b>-0,375**</b>	56	0,203	<b>-0,338*</b>

Tab. 107: Korrelationen zwischen den Herzgewichten (absolut und relativ) und der Entwicklung der Lebendmasse bei unbehandelten Enten

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	Herzgew. (absolut)	Herzgew. (relativ)	n	Herzgew. (absolut)	Herzgew. (relativ)
Schlupfgewicht	64	-0,064	-0,170	53	-0,144	-0,108
Gewicht 2. Woche	64	-0,031	-0,083	53	-0,034	-0,217
Gewicht 4. Woche	64	0,012	-0,039	53	0,078	-0,222
Gewicht 6. Woche	64	-0,081	-0,147	53	0,103	<b>-0,290*</b>
Gewicht 8. Woche	64	0,079	-0,146	53	0,232	<b>-0,371**</b>
Gewicht 10. Woche	64	-0,089	<b>-0,348**</b>	53	<b>0,279*</b>	<b>0,377**</b>
Gewicht 12. Woche	64	0,192	<b>0,249*</b>	53	0,256	<b>-0,561**</b>
Gewicht 14. Woche	64	0,133	<b>-0,354**</b>	53	0,291	<b>-0,548**</b>

#### 4.8.5.2 Korrelationen zwischen dem Lebergewicht (absolut und relativ) und der Gewichtsentwicklung in Verbindung mit der Halothanbehandlung

Das Halothan hatte bei den männlichen Probanden keinen Einfluss auf die Ausprägung der Korrelationen zwischen den genannten Parametern.

Bei behandelten weiblichen Enten ließen sich hingegen die bestimmten Zusammenhänge zwischen den absoluten Lebergewichten und der Entwicklung der Lebendmasse schon von der 8. Woche an statistisch absichern, wohingegen bei unbehandelten Tieren die Verbindungen erst nach der 10. Lebenswoche signifikant waren.

Die Halothaneinwirkung beeinflusste die für die weiblichen Probanden berechneten Korrelationen dahingehend, dass bei unbehandelten Tieren von der 2. bis zur 10. Lebenswoche das relative Lebergewicht negativ mit der Höhe des Körpergewichts verbunden war, während bei behandelten Enten ausschließlich positive Zusammenhänge bestimmt wurden. Statistisch abzusichern war dies allerdings nicht (siehe Tab. 108 u. 109).

Tab. 108: Korrelationen zwischen den Lebergewichten (absolut und relativ) und der Entwicklung der Lebendmasse bei halothanbehandelten Enten

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	Lebergew. (absolut)	Lebergew. (relativ)	n	Lebergew. (absolut)	Lebergew. (relativ)
Schlupfgewicht	31	0,064	-0,021	30	0,271	0,124
Gewicht 2. Woche	31	-0,187	-0,256	30	0,201	0,108
Gewicht 4. Woche	31	-0,058	-0,179	30	0,358	0,175
Gewicht 6. Woche	31	-0,068	-0,189	30	0,359	0,178
Gewicht 8. Woche	31	0,092	-0,076	30	<b>0,550**</b>	0,266
Gewicht 10. Woche	31	0,117	-0,160	30	<b>0,565**</b>	0,263
Gewicht 12. Woche	31	<b>0,566**</b>	0,039	30	<b>0,630**</b>	0,221
Gewicht 14. Woche	31	<b>0,651**</b>	0,104	30	<b>0,672**</b>	0,251

Tab. 109: Korrelationen zwischen den Lebergewichten (absolut und relativ) und der Entwicklung der Lebendmasse bei nicht halothanisierten Enten

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	Lebergew. (absolut)	Lebergew. (relativ)	n	Lebergew. (absolut)	Lebergew. (relativ)
Schlupfgewicht	34	0,092	-0,024	30	0,085	0,120
Gewicht 2. Woche	34	-0,182	-0,291	30	0,095	-0,221
Gewicht 4. Woche	34	-0,148	-0,277	30	0,046	-0,134
Gewicht 6. Woche	34	-0,135	-0,266	30	0,047	-0,141
Gewicht 8. Woche	34	0,044	-0,302	30	0,292	-0,089
Gewicht 10. Woche	34	0,017	-0,328	30	0,333	-0,052
Gewicht 12. Woche	34	<b>0,504**</b>	0,040	30	<b>0,638**</b>	0,175
Gewicht 14. Woche	34	<b>0,521**</b>	-0,010	30	<b>0,694**</b>	0,230

#### **4.8.6 Korrelationen zwischen den absoluten Herzgewichten und den Parametern des mitochondrialen Energiestoffwechsels in Abhängigkeit von der Vorbruttemperatur**

Das Herzgewicht war absolut betrachtet bei Vorbruttemperaturen von 36,5 °C und 37,5 °C bebrüteten männlichen Tieren ausnahmslos positiv mit den Parametern der mitochondrialen Atmung korreliert, was sich zum Teil auch statistisch absichern ließ. Eine höhere mitochondriale Atmungsaktivität war gekoppelt mit höheren Herzgewichten (siehe Tab. 110 u. 111).

Bei 38,5 °C inkubierten männlichen Enten war dagegen ein höherer mitochondrialer Sauerstoffverbrauch vor, während und nach der ADP-Umsetzung (Status 2-4) mit geringeren Herzgewichten gekoppelt. Die übrigen Parameter, den mitochondrialen Energiestoffwechsel betreffend, standen jedoch in hochsignifikant positivem Zusammenhang mit höheren Herzgewichten (siehe Tab. 112).

Für die bei suboptimalen Vorbruttemperaturen inkubierten weiblichen Enten konnten nahezu ausschließlich positive Beziehungen zwischen den Parametern der mitochondrialen Atmung und den Herzgewichten errechnet werden. Eine höhere mitochondriale Atmungsintensität war hier verbunden mit höheren Herzgewichten. Bei optimal inkubierten weiblichen Probanden waren die Parameter des mitochondrialen Energiestoffwechsels mit Ausnahme des Respiratorischen Kontrollwertes im Vergleich zu den Werten der übrigen Temperaturgruppen negativ mit den Gewichten der Herzen korreliert. Hier war eine höhere mitochondriale Atmungsintensität mit geringeren Herzgewichten verbunden (siehe Tab. 110-112).

##### **4.8.6.1 Korrelationen zwischen den relativen Herzgewichten und dem mitochondrialen Energiestoffwechsel unter Berücksichtigung der Vorbruttemperatur**

Signifikante bis hochsignifikante Zusammenhänge konnten zwischen den genannten Merkmalen und den Herzgewichten in Relation zum Körpergewicht bei den männlichen Enten der Gruppe 1 bestimmt werden. Höhere relative Herzgewichte waren danach verbunden mit einer stärkeren mitochondrialen Atmung.

Im Vergleich dazu ergaben sich bei den weiblichen Tieren dieser Gruppe negative Beziehungen zwischen der Höhe der relativen Herzgewichte und dem Sauerstoffverbrauch in Status 2-4. Die Korrelationen zwischen den übrigen Parametern dieses Merkmalbereiches und den relativen Herzgewichten ähnelten abgeschwächt denen, die für die männlichen Probanden bestimmt werden konnten.



Mit Ausnahme des Zusammenhangs zwischen dem Wirkungsgrad der oxidativen Phosphorylierung und dem relativen Herzgewicht ließen sich diese Beziehungen jedoch nicht statistisch absichern (siehe Tab. 110).

Tab. 110: Korrelationen zwischen dem Herzgewicht (absolut und relativ) und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels bei einer Vorbruttemperatur von 36,5 °C

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	Herzgew. (absolut)	Herzgew. (relativ)	n	Herzgew. (absolut)	Herzgew. (relativ)
Status 2	37	<b>0,501*</b>	<b>0,744**</b>	33	0,009	-0,194
Status 3	37	<b>0,517*</b>	<b>0,755**</b>	33	0,039	-0,172
Status 4	37	0,359	<b>0,624**</b>	33	-0,179	-0,324
ADP/ O	37	<b>0,480**</b>	<b>0,645**</b>	33	0,201	<b>0,396*</b>
RCR	37	<b>0,604**</b>	<b>0,642**</b>	33	<b>0,555*</b>	0,311

Bei den männlichen Probanden der Gruppe 2 wurden im Vergleich zur Gruppe 1 ähnlich gerichtete Korrelationen errechnet, die auch statistisch signifikant bis hochsignifikant waren. Für die Beziehungen zwischen dem Sauerstoffverbrauch in Status 2-4 und den relativen Herzgewichten wurden hier allerdings deutlich geringere Werte bestimmt, die sich auch nicht statistisch absichern ließen (siehe Tab. 111).

Bei den weiblichen Enten der Gruppe 2 war die Effizienz der oxidativen Phosphorylierung schwach negativ korreliert mit den relativen Herzgewichten. Die übrigen Korrelationen zu diesem Parameterbereich entsprachen in etwa denen, die für die weiblichen Probanden der Gruppe 1 ermittelt wurden.

Tab. 111: Korrelationen zwischen dem Herzgewicht (absolut und relativ) und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels bei einer Vorbruttemperatur von 37,5 °C

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	Herzgew. (absolut)	Herzgew. (relativ)	n	Herzgew. (absolut)	Herzgew. (relativ)
Status 2	44	0,316	0,108	36	-0,032	-0,084
Status 3	44	0,330	0,131	36	-0,024	-0,063
Status 4	44	0,210	-0,043	36	-0,076	-0,207
ADP/ O	44	<b>0,620**</b>	<b>0,682**</b>	36	-0,034	-0,001
RCR	44	0,384	<b>0,524*</b>	36	0,096	0,320

Für die bei 38,5 °C inkubierten männlichen Tiere (Gruppe 3) ergaben sich negative Korrelationen zwischen dem mitochondrialen O<sub>2</sub>-Verbrauch vor, während und nach der Umsetzung des ADP's und den relativen Herzgewichten. Ein höherer Sauerstoffverbrauch war hier gekoppelt mit in Relation zum Körpergewicht geringeren Herzgewichten. Die Korrelationen bezüglich der übrigen Parameter der mitochondrialen Stoffwechselaktivität

unterschieden sich nur geringfügig von den Zusammenhängen bei männlichen Enten der anderen Gruppen. Höhere relative Herzgewichte waren auch hier hochsignifikant verbunden mit einer effizienteren oxidativen Phosphorylierung und einer größeren Anzahl intakter Mitochondrien.

Bei den weiblichen Enten der Gruppe 3 ergaben sich ausschließlich positive Zusammenhänge. Der mitochondriale Sauerstoffverbrauch war hier im Gegensatz zu den anderen Temperaturgruppen schwach positiv mit dem relativen Herzgewicht korreliert. Der Wirkungsgrad der oxidativen Phosphorylierung war signifikant positiv mit der Höhe der relativen Herzgewichte gekoppelt. Bei den weiblichen Enten dieser Gruppe war demnach eine höhere mitochondriale Stoffwechselaktivität gekoppelt mit höheren relativen Herzgewichten (siehe Tab. 112).

Tab. 112: Korrelationen zwischen dem Herzgewicht (absolut und relativ) und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels bei einer Vorbruttemperatur von 38,5 °C

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	Herzgew. (absolut)	Herzgew. (relativ)	n	Herzgew. (absolut)	Herzgew. (relativ)
Status 2	53	-0,165	-0,067	40	0,124	0,075
Status 3	53	-0,130	-0,030	40	0,122	0,081
Status 4	53	-0,369	-0,291	40	0,123	0,036
ADP/ O	53	<b>0,437**</b>	<b>0,535**</b>	40	0,290	<b>0,511**</b>
RCR	53	<b>0,506**</b>	<b>0,566**</b>	40	0,005	0,150

#### 4.8.6.2 Korrelationen zwischen den Herzgewichten (absolut und relativ) und dem mitochondrialen Energiestoffwechsel in Verbindung mit der Halothaneinwirkung

Durch die Halothaneinwirkung wurden bei den männlichen Probanden die Beziehungen zwischen dem mitochondrialen Sauerstoffverbrauch (Status 2-4) und den Herzgewichten absolut wie relativ wie folgt beeinflusst. Während bei behandelten Tieren der mitochondriale Sauerstoffverbrauch signifikant mit höheren Herzgewichten verbunden war, ergaben sich zwischen diesen Merkmalen bei unbehandelten Enten negative bis schwach positive, nicht signifikante Zusammenhänge.

Eine höherer mitochondrialer O<sub>2</sub>-Verbrauch war hier zumeist mit geringeren relativen Herzgewichten verbunden.

Bei den weiblichen Enten wirkte sich das Halothan auf die bestimmten Korrelationen in der Weise aus, dass bei behandelten Enten der mitochondriale Sauerstoffverbrauch negativ mit den absoluten Herzgewichten korrelierte. Bei den unbehandelten Enten ergaben sich hier positive Zusammenhänge (siehe Tab. 113 u. 114).

Signifikant positive Beziehungen wurden bei den behandelten Tieren zwischen dem ADP/ O-Quotienten und den absoluten Herzgewichten errechnet. Für die unbehandelten Probanden wurden hier leicht negative Beziehungen ermittelt.

Bei den halothanisierten weiblichen Probanden waren zunehmende absolute Herzgewichte verbunden mit niedrigeren Atmungsaktivitäten und einer effizienteren oxidativen Phosphorylierung. Dagegen zeigten unbehandelte weibliche Probanden mit stärker ausgeprägten absoluten Herzgewichten höhere mitochondriale Sauerstoffverbräuche und eine ineffizientere oxidative Phosphorylierung (siehe Tab. 113).

Tab. 113: Korrelationen zwischen dem Herzgewicht (absolut und relativ) und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels bei halothanbehandelten Enten

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	Herzgew. (absolut)	Herzgew. (relativ)	n	Herzgew. (absolut)	Herzgew. (relativ)
Status 2	70	<b>0,457**</b>	<b>0,369*</b>	56	-0,058	-0,125
Status 3	70	<b>0,475**</b>	<b>0,391*</b>	56	-0,056	-0,118
Status 4	70	0,314	0,197	56	-0,070	-0,159
ADP/ O	70	<b>0,531**</b>	<b>0,692**</b>	56	<b>0,326*</b>	<b>0,408**</b>
RCR	70	<b>0,495**</b>	<b>0,568**</b>	56	0,035	0,123

Tab. 114: Korrelationen zwischen dem Herzgewicht (absolut und relativ) und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels bei unbehandelten Enten

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	Herzgew. (absolut)	Herzgew. (relativ)	n	Herzgew. (absolut)	Herzgew. (relativ)
Status 2	64	-0,084	-0,019	53	0,142	-0,009
Status 3	64	-0,057	0,014	53	0,156	0,008
Status 4	64	-0,268	-0,228	53	0,046	-0,113
ADP/ O	64	<b>0,278**</b>	<b>0,499**</b>	53	-0,095	0,212
RCR	64	<b>0,504**</b>	<b>0,584**</b>	53	0,303	0,300

#### 4.8.7 Korrelationen zwischen den absoluten Lebergewichten und dem mitochondrialen Energiestoffwechsel in Zusammenhang mit der Vorbruttemperatur

Die Höhe der Lebergewichte war bei den männlichen Enten der Gruppe 1 ausschließlich negativ mit den Parametern der mitochondrialen Atmung korreliert. Die Effizienz der oxidativen Phosphorylierung war dabei signifikant negativ mit höheren Lebergewichten gekoppelt. Eine stärkere mitochondriale Stoffwechselaktivität war bei den männlichen Probanden dieser Temperaturgruppe mit geringeren Lebergewichten verbunden.

Verglichen mit den Zusammenhängen, die für die männlichen Tiere der Gruppe 1 ermittelt wurden, waren die Merkmale der mitochondrialen Atmung mit Ausnahme der Höhe des

ADP/ O-Quotienten bei den weiblichen Enten dieser Gruppe positiv mit den Lebergewichten korreliert. Ein stärkerer mitochondrialer Sauerstoffverbrauch war bei diesen Tieren mit einem ausgeprägteren Lebergewicht verbunden (siehe Tab. 115).

Bei Optimaltemperatur (37,5 °C) bebrüteten männlichen Enten waren die beschriebenen Parameter mit Ausnahme des O<sub>2</sub>-Verbrauchs in Status 3 und dem Respiratorischen Kontrollquotienten positiv mit dem Gewicht der Leber korreliert.

Für die weiblichen Probanden dieser Gruppe konnten positive Zusammenhänge zwischen dem mitochondrialen Sauerstoffverbrauch und den absoluten Lebergewichten bestimmt werden. Hingegen waren der ADP/ O-Quotient und der Respiratorische Kontrollwert negativ mit der Höhe der Lebergewichte verbunden. Zunehmende mitochondriale Atmungsaktivitäten waren hier gekoppelt mit höheren absoluten Lebergewichten. Die Effizienz der oxidativen Phosphorylierung und die Menge intakter Mitochondrien waren dagegen mit geringeren absoluten Lebergewichten verbunden. Statistisch absichern ließen sich diese Ergebnisse allerdings nicht (siehe Tab. 116).

Für die männlichen Probanden der Gruppe 3 wurden ähnlich wie bei den männlichen Enten der Gruppe 1 überwiegend negative Beziehungen zwischen der mitochondrialen Atmung und der Höhe der absoluten Lebergewichte bestimmt, was sich zum Teil auch statistisch absichern ließ (siehe Tab. 117).

Eine höhere mitochondriale Stoffwechselaktivität war bei diesen Tieren mit geringeren Lebergewichten gekoppelt. Lediglich der Wirkungsgrad der oxidativen Phosphorylierung war positiv mit der Höhe der absoluten Lebergewichte verbunden.

Bei den weiblichen Tieren dieser Gruppe stand die Stärke der Atmungsaktivität vor, während und nach der vollständigen Umsetzung von ADP mit ausgeprägteren Lebergewichten in Verbindung. Die Höhe des ADP/ O-Quotienten und des Respiratorischen Kontrollwertes waren dagegen mit eingeschränkteren Lebergewichten verbunden.

#### **4.8.7.1 Korrelationen zwischen den relativen Lebergewichten und der mitochondrialen Stoffwechselaktivität in Abhängigkeit von der Vorbruttemperatur**

Das Lebergewicht im Verhältnis zum Lebendgewicht der Enten war bei den männlichen Enten der Gruppen 1 und 2 nahezu ausschließlich negativ mit den Parametern des mitochondrialen Stoffwechsels gekoppelt. Lediglich der Wirkungsgrad der oxidativen Phosphorylierung war bei der Gruppe 2 positiv mit dem relativen Lebergewicht verbunden. Im Gegensatz hierzu war bei der Gruppe 1 der ADP/ O-Quotient hochsignifikant negativ mit der

Höhe der relativen Lebergewichte korreliert. Demzufolge war eine höhere mitochondriale Atmungsaktivität mit im Verhältnis zum Körpergewicht geringeren Lebergewichten verbunden (siehe Tab. 115 u. 116).

Bei den weiblichen Probanden der Gruppen 1 und 2 ergaben sich im Vergleich dazu überwiegend positive Beziehungen zwischen den betreffenden Merkmalen. Negative Zusammenhänge wurden für beide Gruppen zwischen dem Wirkungsgrad der oxidativen Phosphorylierung und den relativen Lebergewichten bestimmt. Bei den weiblichen Enten der Gruppe 1 war außerdem der Sauerstoffverbrauch in Status 4 und bei den weiblichen Enten der Gruppe 2 die Funktionalität der Mitochondrien negativ mit der Höhe der relativen Lebergewichte korreliert. Danach war bei 36,5 °C inkubierten weiblichen Enten ein höheres relatives Lebergewicht gekoppelt mit einem ausgeprägteren mitochondrialen Sauerstoffverbrauch, während ein höherer O<sub>2</sub>-Verbrauch in Status 4 und ein höherer ADP/ O-Quotient mit eingeschränkteren Lebergewichten gekoppelt waren. Statistisch absichern ließ sich dies allerdings nicht (siehe Tab. 115 u. 116).

Tab. 115: Korrelationen zwischen dem Lebergewicht (absolut und relativ) und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels bei einer Vorbruttemperatur von 36,5 °C

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	Lebergew. (absolut)	Lebergew. (relativ)	n	Lebergew. (absolut)	Lebergew. (relativ)
Status 2	18	-0,343	-0,249	16	0,181	0,082
Status 3	18	-0,349	-0,266	16	0,192	0,096
Status 4	18	-0,261	-0,111	16	0,081	-0,012
ADP/ O	18	<b>-0,477*</b>	<b>-0,595**</b>	16	-0,014	-0,096
RCR	18	0,353	<b>-0,490*</b>	16	0,338	0,302

Bei den bei Optimaltemperatur inkubierten weiblichen Enten war die Höhe des relativen Lebergewichts ebenfalls mit einer stärkeren mitochondrialen Stoffwechselaktivität verbunden. Hier waren lediglich der ADP/ O-Quotient und der Respiratorische Kontrollquotient mit geringeren relativen Lebergewichten verbunden.

Tab. 116: Korrelationen zwischen dem Lebergewicht (absolut und relativ) und dem mitochondrialen Energiestoffwechsel bei einer Vorbruttemperatur von 37,5 °C

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	Lebergew. (absolut)	Lebergew. (relativ)	n	Lebergew. (absolut)	Lebergew. (relativ)
Status 2	19	0,008	-0,184	16	0,206	0,179
Status 3	19	-0,014	-0,197	16	0,192	0,173
Status 4	19	0,114	-0,095	16	0,276	0,209
ADP/ O	19	0,134	0,168	16	-0,104	-0,166
RCR	19	-0,341	-0,300	16	-0,214	-0,099

Die Korrelationen, die für die männlichen Probanden der Gruppe 3 bestimmt werden konnten entsprachen in etwa den Zusammenhängen, die auch für die männlichen Enten der Gruppe 1 ermittelt werden konnten. Im Vergleich dazu ergaben sich hier jedoch signifikant bis hochsignifikant positive Beziehungen zwischen den relativen Lebergewichten und dem Sauerstoffverbrauch in Status 2 und 3.

Für die weiblichen Enten der Gruppe 3 wurden zwischen den beschriebenen Parametern ausnahmslos positive Korrelationen bestimmt. Hier war eine ausgeprägtere mitochondriale Stoffwechselaktivität verbunden mit höheren relativen Lebergewichten. Statistisch signifikant waren diese Ergebnisse jedoch nicht (siehe Tab. 117)

Tab. 117: Korrelationen zwischen dem Lebergewicht (absolut und relativ) und dem mitochondrialen Energiestoffwechsel bei einer Vorbruttemperatur von 38,5 °C

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	Lebergew. (absolut)	Lebergew. (relativ)	n	Lebergew. (absolut)	Lebergew. (relativ)
Status 2	28	<b>-0,417*</b>	<b>-0,436**</b>	28	0,237	0,291
Status 3	28	<b>-0,422*</b>	<b>-0,441*</b>	28	0,235	0,293
Status 4	28	-0,342	-0,364	28	0,247	0,260
ADP/ O	28	0,233	0,357	28	-0,215	0,025
RCR	28	-0,217	-0,221	28	-0,056	0,075

#### 4.8.7.2 Korrelationen zwischen den Lebergewichten (relativ und absolut) und dem mitochondrialen Energiestoffwechsel unter Berücksichtigung des Halothans

Mit Halothan behandelte männliche Probanden mit ausgeprägteren relativen Lebergewichten wiesen im Vergleich zu den unbehandelten eine geringere Effizienz der oxidativen Phosphorylierung auf.

Im Vergleich dazu unterschieden sich die berechneten Zusammenhänge bei den behandelten, weiblichen Tieren ebenfalls von denjenigen der unbehandelten. Unbehandelte weibliche Tiere mit höheren Lebergewichten wiesen danach einen höheren mitochondrialen Sauerstoffverbrauch auf. Behandelte Tiere mit höheren relativen Lebergewichten zeigten dagegen eine weniger stark ausgeprägte mitochondriale Stoffwechselaktivität. Auch diese Korrelationen waren allerdings statistisch nicht abzusichern (siehe Tab. 118 u. 119).

Tab. 118: Korrelationen zwischen dem Lebergewicht (absolut und relativ) und dem mitochondrialen Energiestoffwechsel bei halothanbehandelten Enten

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	Lebergew. (absolut)	Lebergew. (relativ)	n	Lebergew. (absolut)	Lebergew. (relativ)
Status 2	31	<b>-0,417*</b>	-0,271	30	0,237	-0,001
Status 3	31	<b>-0,422*</b>	-0,281	30	0,235	-0,005
Status 4	31	-0,342	-0,184	30	0,247	0,018
ADP/ O	31	0,233	-0,176	30	-0,215	-0,263
RCR	31	-0,217	-0,313	30	-0,056	-0,073

Tab. 119: Korrelationen zwischen dem Lebergewicht (absolut und relativ) und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels bei unbehandelten Enten

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	Lebergew. (absolut)	Lebergew. (relativ)	n	Lebergew. (absolut)	Lebergew. (relativ)
Status 2	34	-0,157	-0,268	30	0,077	0,255
Status 3	34	-0,168	-0,283	30	0,070	0,261
Status 4	34	-0,079	-0,154	30	0,108	0,198
ADP/ O	34	-0,203	0,227	30	-0,309	0,040
RCR	34	-0,246	<b>-0,358*</b>	30	-0,119	0,205

#### 4.8.8 Korrelationen zwischen der Bruttemperaturhöhe bzw. der Halothaneinwirkung und den Organgewichten (absolut und relativ)

Die Höhe der Vorbruttemperatur war bei den männlichen Enten überwiegend positiv mit den Organgewichten (absolut und relativ) verbunden. Lediglich das relative Lebergewicht war schwach negativ mit der Höhe der Vorbruttemperatur korreliert. Höhere Bruttemperaturen waren demzufolge bei den männlichen Probanden mit Ausnahme der relativen Lebergewichte mit höheren Organgewichten verbunden.

Im Vergleich dazu ergaben sich bei den weiblichen Tieren nahezu ausschließlich negative Korrelationen. Hier waren höhere Bruttemperaturen, abgesehen vom relativen Herzgewicht, tendenziell verbunden mit geringeren Organgewichten. Statistisch absichern ließ sich dies allerdings nicht.

Bei der Betrachtung der Korrelationen zwischen der durchgeführten bzw. nicht durchgeführten Halothanbehandlung und den entsprechenden Organgewichten zeigte sich, dass unbehandelte Tiere geschlechtsunabhängig tendenziell höhere absolute Organgewichte aufwiesen, was sich für die absoluten Herzgewichte der männlichen Probanden auch statistisch absichern ließ.

Bei den weiblichen Probanden war die Halothanbehandlung tendenziell verbunden mit deutlicher ausgeprägten relativen Lebergewichten, während für die behandelten männlichen Enten sich in diesem Zusammenhang leicht negative Zusammenhänge bestimmt werden konnten. Bezüglich der relativen Herzgewichte ergaben sich dagegen bei behandelten weiblichen Tieren geringere Herzgewichte, während männliche behandelte Enten hier geringfügig höhere Organgewichte aufwiesen. Statistisch belegen ließen sich diese berechneten Werte jedoch nicht (siehe Tab. 120).

Tab. 120: Zusammenhänge zwischen den Vorbrutbedingungen und der mitochondrialen Enzymaktivität

Brutbedingung	Sex	n	Herzgew. (absolut)	Herzgew. (relativ)	n	Lebergew. (absolut)	Lebergew. (relativ)
Temp. 1-3	1	134	0,030	0,020	65	0,037	-0,019
Temp. 1-3	2	109	-0,068	0,161	60	-0,205	-0,028
Halothan 1-2	1	134	<b>0,182*</b>	0,046	65	0,148	-0,046
Halothan 1-2	2	109	0,172	-0,002	60	0,111	0,056

36,5 °C = **1** männlich = **1** halothanbehandelt = **1**

37,5 °C = **2** weiblich = **2** unbehandelt = **2**

38,5 °C = **3**

#### 4.9 Histometrie und Fleischbeschaffenheitsmerkmale

Nachfolgend werden die Ausprägungen der bestimmten histometrischen Parameter und der Fleischbeschaffenheit für die Geschlechter und die verschiedenen Vorbrutbedingungen dargestellt (siehe Tab. 121). Erfasst wurden die betreffenden Merkmale nur bei den Tieren des ersten Durchgangs.

Mit Hilfe einer Varianzanalyse soll geklärt werden, ob sich die Höhe der Vorbruttemperatur bzw. die Halothanbehandlung und das Geschlecht auf die bestimmten Merkmale auswirken.

##### 4.9.1 Signifikante Einflüsse auf die histometrischen Parameter und die Fleischbeschaffenheit

Die Höhe der Vorbruttemperatur hatte einen zum Teil statistisch signifikanten bis höchstsignifikanten Einfluss auf die Histometrie und die Fleischbeschaffenheitsmerkmale (siehe Tab. 123). Die Tiere der Gruppe 2 (37,5 °C) wiesen im Vergleich zu den Tieren der anderen Gruppen die größten Faserabmessungen auf. Die bei Optimaltemperatur inkubierten Enten zeigten dabei hochsignifikant größere Faserflächen und Kreisdurchmesser sowie signifikant bis hochsignifikant größere Feretdurchmesser und Faserumfänge als die Tiere der



Gruppe 3. Die höchste Anzahl von Muskelfasern wurde ebenfalls bei den Enten der Gruppe 2 bestimmt. Der Formfaktor als Maß für die Zirkularität von Muskelfaserflächen erreichte im Gegensatz zu den schon beschriebenen Faserabmessungen bei den Probanden der Gruppe 2 die geringsten Werte, was sich aber statistisch nicht absichern ließ.

Die Höhe des pH-Wertes und der elektrischen Leitfähigkeit wurden von der Vorbruttemperatur in der Weise beeinflusst, dass die bei Optimaltemperatur bebrüteten Enten die niedrigsten pH-Werte und die geringste elektrische Leitfähigkeit aufwiesen. Der pH-Wert war bei den Tieren der Gruppe 2 signifikant geringer als bei den Probanden der Gruppe 3. Die elektrische Leitfähigkeit war bei der Gruppe 1 verglichen mit der Gruppe 2 signifikant höher (siehe Tab. 121 u. 123 u. Abb. 27-29).

Halothanbehandelte Enten zeigten im Vergleich zu den unbehandelten Tieren tendenziell größere Faserabmessungen, eine geringere elektrische Leitfähigkeit und signifikant höhere pH-Werte. Der Formfaktor erreichte bei den behandelten Enten tendenziell geringere Werte (siehe Tab. 122 u. 123 u. Abb. 27-29).

Tab. 121: Darstellung der geschätzten Randmittel und der Standardfehler zu den histometrischen Parametern und den Merkmalen der Fleischbeschaffenheit in Abhängigkeit von der Vorbruttemperatur

Merkmal	LSQ +/- SE					
	n	36,5 °C	n	37,5 °C	n	38,5 °C
pH-Wert	32	5,80 +/- 0,04	33	5,77 +/- 0,04	53	5,88 +/- 0,03
ELF	32	7,24 +/- 0,34	33	6,27 +/- 0,33	53	6,60 +/- 0,26
Fläche (µm <sup>2</sup> )	32	533,95 +/- 19,39	33	568,59 +/- 19,10	53	504,08 +/- 14,91
Faseranzahl/ mm <sup>2</sup>	32	380,88 +/- 18,12	33	394,71 +/- 17,85	53	377,89 +/- 13,94
Formfaktor	32	0,630 +/- 0,006	33	0,623 +/- 0,006	53	0,626 +/- 0,004
Kreisdurchmesser (µm)	32	24,71 +/- 0,45	33	25,54 +/- 0,44	53	24,11 +/- 0,34
mittl. Sehnenlänge (µm)	32	15,30 +/- 0,34	33	15,68 +/- 0,33	53	15,10 +/- 0,26
Umfang gesamt (µm)	32	96,03 +/- 2,02	33	100,33 +/- 1,99	53	94,05 +/- 1,55
Umfang innen (µm)	32	93,04 +/- 2,02	33	97,36 +/- 1,99	53	91,08 +/- 1,55
Umfang außen (µm)	32	99,75 +/- 2,02	33	104,06 +/- 1,99	53	97,77 +/- 1,55
Feret (min.) (µm)	32	22,14 +/- 0,40	33	22,94 +/- 0,39	53	21,70 +/- 0,31
Feret (mittl.) (µm)	32	28,13 +/- 0,53	33	29,37 +/- 0,52	53	27,50 +/- 0,41
Feret (max.) (µm)	32	34,62 +/- 0,64	33	36,11 +/- 0,63	53	33,81 +/- 0,49

Männliche Tiere unterschieden sich bezüglich der histometrischen Merkmale und der Fleischbeschaffenheit von den weiblichen dadurch, dass bei ersteren tendenziell geringere Faserabmessungen bestimmt werden konnten. Der pH-Wert und die elektrische Leitfähigkeit erreichten dagegen bei den männlichen Probanden höhere Werte, was auch für die Zirkularität der Muskelfasern zutraf. Statistisch abzusichern war dieser Unterschied jedoch nur für die

elektrische Leitfähigkeit. Die Halothanbehandlung wirkte sich wie nachfolgend dargestellt auf die erfassten Merkmale aus. Die behandelten Tiere zeigten gegenüber den unbehandelten größere Muskelfaserabmessungen und eine höhere Anzahl an Muskelfasern. Der pH-Wert erreichte bei den behandelten Tieren ebenfalls höhere Werte. Lediglich die Zirkularität und die Leitfähigkeit waren im Vergleich zu den übrigen Merkmalen bei den unbehandelten Tieren stärker ausgeprägt, was aber nicht statistisch zu belegen war (siehe Tab. 122 u. 123).

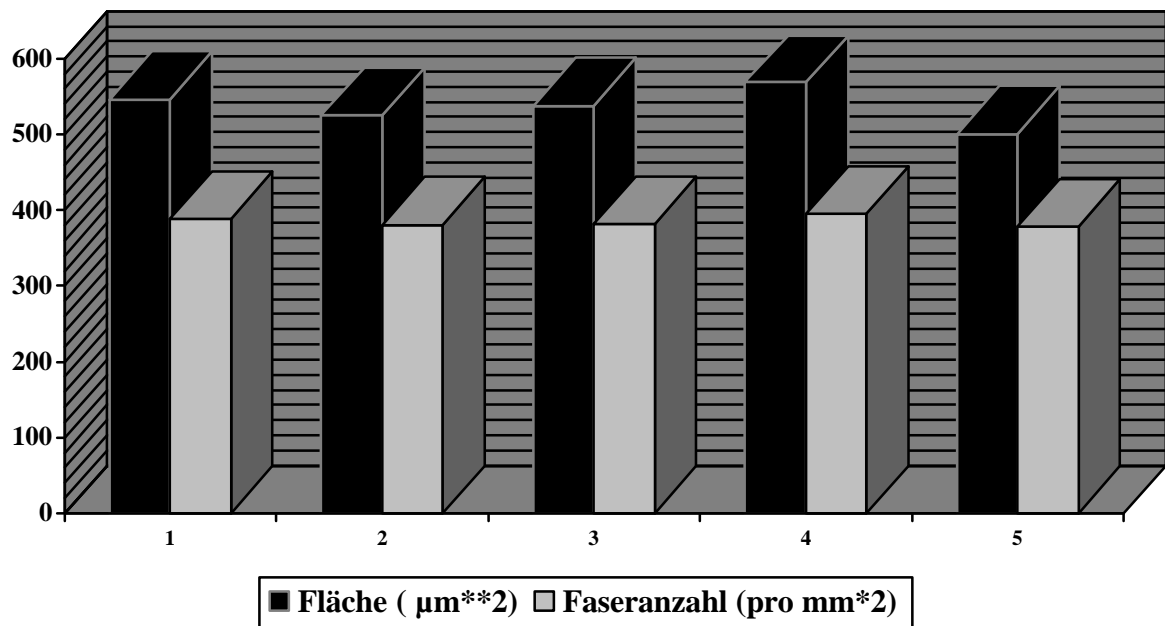
Tab. 122: Darstellung der geschätzten Randmittel (LSQ  $\pm$  SE) zu den histometrischen Parametern und der Fleischbeschaffenheit in Bezug auf das Geschlecht und die Halothanbehandlung

Merkmal	Sex				Halothanbehandlung			
	n	männlich	n	weiblich	n	ja	n	nein
pH-Wert	63	5,84 $\pm$ -0,03	55	5,79 $\pm$ 0,03	58	5,85 $\pm$ 0,03	60	5,78 $\pm$ 0,03
ELF (mS/ cm)	63	7,80 $\pm$ 0,24	55	5,61 $\pm$ 0,26	58	6,68 $\pm$ 0,25	60	6,74 $\pm$ 0,25
Faseranzahl/ mm <sup>2</sup>	63	387,26 $\pm$ 12,91	55	381,74 $\pm$ 13,97	58	388,44 $\pm$ 13,57	60	380,55 $\pm$ 13,40
Fläche (µm <sup>2</sup> )	63	521,78 $\pm$ 13,81	55	549,30 $\pm$ 14,95	58	548,27 $\pm$ 14,52	60	522,81 $\pm$ 14,33
Formfaktor	63	0,632 $\pm$ 0,004	55	0,621 $\pm$ 0,004	58	0,622 $\pm$ 0,004	60	0,632 $\pm$ 0,004
Kreisdurchmesser (µm)	63	24,49 $\pm$ 0,32	55	25,08 $\pm$ 0,34	58	25,06 $\pm$ 0,33	60	24,51 $\pm$ 0,33
mittl. Sehnenlänge (µm)	63	15,35 $\pm$ 0, 24	55	15,38 $\pm$ 0, 26	58	15,38 $\pm$ 0, 25	60	15,34 $\pm$ 0,25
Umfang gesamt (µm)	63	94,97 $\pm$ 1,44	55	98,63 $\pm$ 1,56	58	95,06 $\pm$ 1,51	60	95,06 $\pm$ 1,49
Umfang innen (µm)	63	91,99 $\pm$ 1,44	55	95,66 $\pm$ 1,56	58	95,57 $\pm$ 1,51	60	92,08 $\pm$ 1,49
Umfang außen (µm)	63	98,70 $\pm$ 1,44	55	102,35 $\pm$ 1,56	58	102,26 $\pm$ 1,51	60	98,79 $\pm$ 1,49
Feret (min.) (µm)	63	21,98 $\pm$ 0,28	55	22,54 $\pm$ 0,31	58	22,53 $\pm$ 0,30	60	21,99 $\pm$ 0, 29
Feret (mittl.) (µm)	63	27,91 $\pm$ 0,38	55	28,75 $\pm$ 0,41	58	28,76 $\pm$ 0,40	60	27,90 $\pm$ 0,39
Feret (max.) (µm)	63	34,30 $\pm$ 0,46	55	35,39 $\pm$ 0,49	58	35,39 $\pm$ 0,48	60	34,30 $\pm$ 0,47

Tab. 123: Signifikanzniveaus zu den die histometrischen Merkmale und die Fleischbeschaffenheit beeinflussenden Parametern

Merkmal	pH-Wert	ELF	Faseranzahl	Fläche	Formfaktor	Kreisdurchmesser	mittl. Sehnenlänge
36,5°C/ 37,5°C	0,594	<b>0,043*</b>	0,588	0,206	0,393	0,191	0,434
36,5°C/ 38,5°C	0,075	0,139	0,897	0,227	0,558	0,286	0,636
37,5°C/ 38,5°C	<b>0,017*</b>	0,436	0,460	<b>0,009**</b>	0,714	<b>0,012*</b>	0,176
Halothan ja/ nein	<b>0,049*</b>	0,858	0,676	0,210	0,110	0,234	0,897
Sex	0,267	<b>0,000***</b>	0,769	0,170	0,070	0,200	0,908

Merkmal	Umfang gesamt	Umfang innen	Umfang außen	Feret min.	Feret mittl.	Feret max.
36,5°C/ 37,5°C	0,132	0,13	0,131	0,154	0,100	0,101
36,5°C/ 38,5°C	0,441	0,445	0,440	0,385	0,347	0,318
37,5°C/ 38,5°C	<b>0,014*</b>	<b>0,014*</b>	<b>0,014*</b>	<b>0,014*</b>	<b>0,006**</b>	<b>0,005**</b>
Halothan ja/ nein	0,101	0,100	0,152	0,191	0,122	0,107
Sex	0,083	0,082	0,083	0,180	0,127	0,102



1 = halothanbehandelt

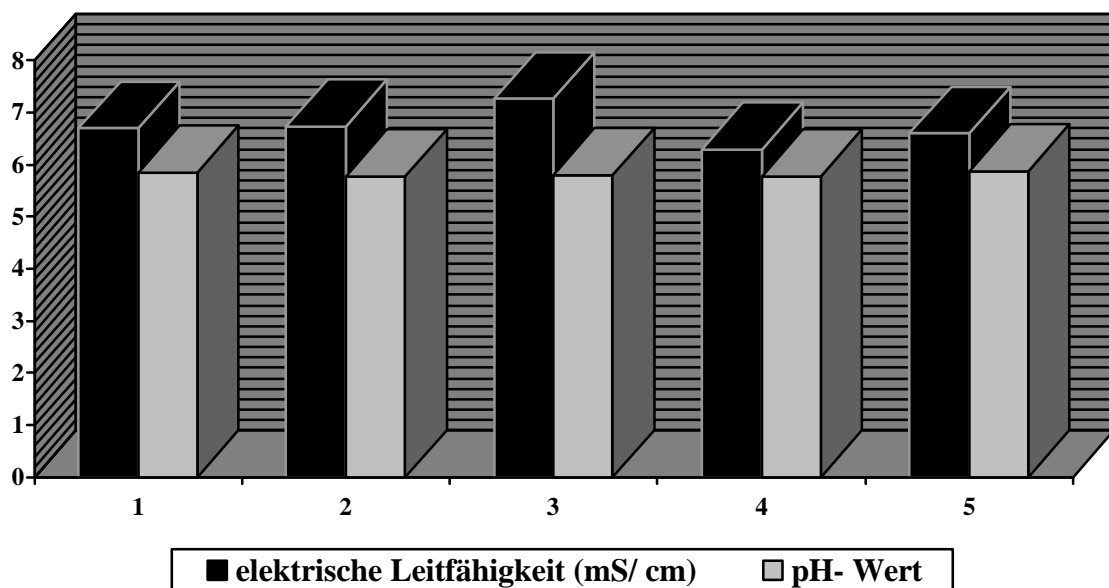
2 = unbehandelt

3 = Temp. 36,5 °C

4 = Temp. 37,5 °C

5 = Temp. 38,5 °C

Abb. 27: Abbildung zur Faseranzahl und -fläche unter Berücksichtigung des Brutregimes



1 = halothanbehandelt

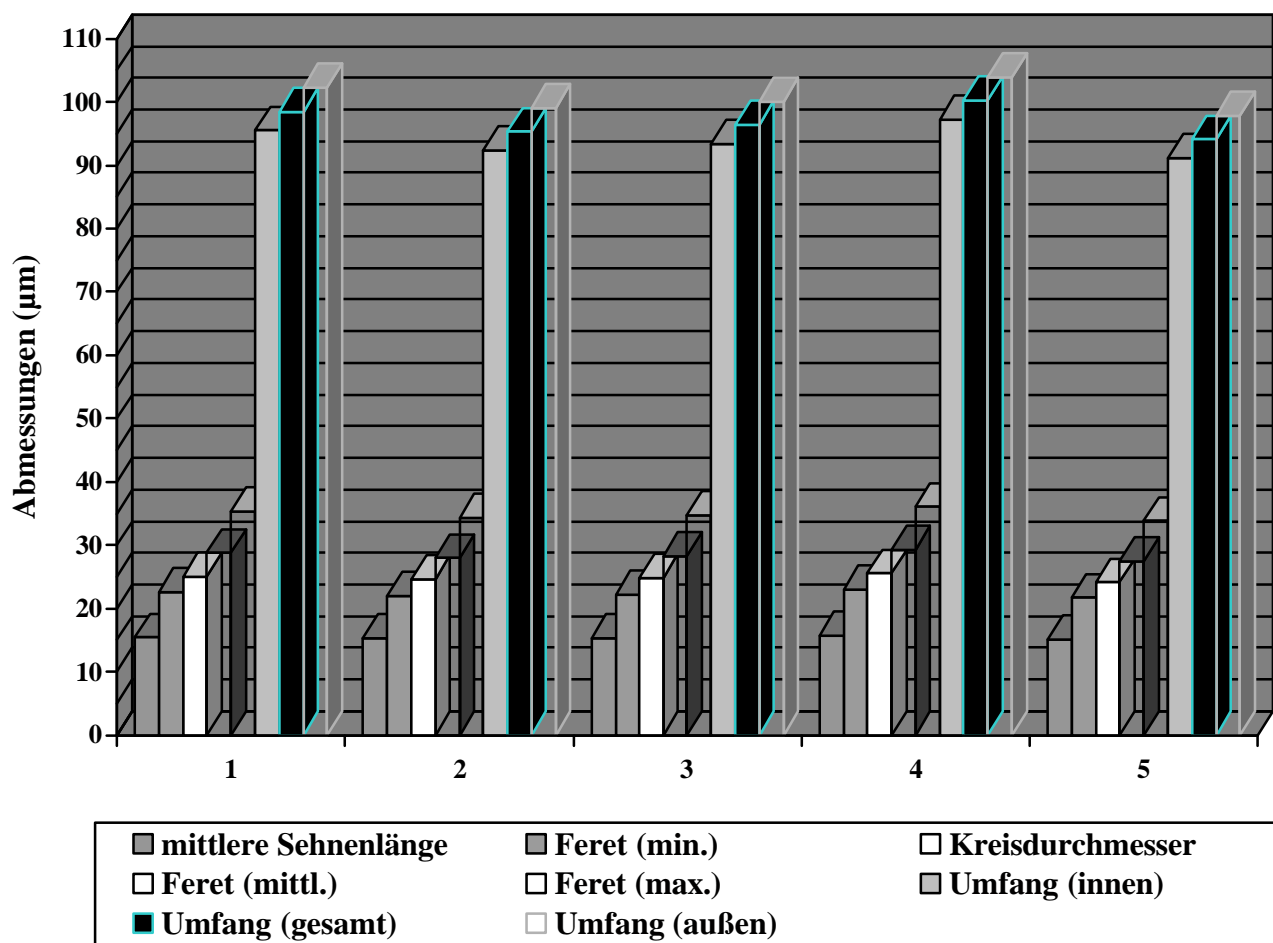
2 = unbehandelt

3 = Temp. 36,5 °C

4 = Temp. 37,5 °C

5 = Temp. 38,5 °C

Abb. 28: Darstellung zu den Parametern der Fleischbeschaffenheit unter Berücksichtigung der Brutbedingungen



1 = halothanbehandelt

2 = unbehandelt

3 = Temp. 36,5 °C

4 = Temp. 37,5 °C

5 = Temp. 38,5 °C

Abb. 29: Darstellung zu den Abmessungen der Muskelfasern unter Berücksichtigung der Brutbedingungen

#### 4.9.2 Korrelationen zwischen den histometrischen Merkmalen und den Parametern der Fleischbeschaffenheit

Da die betreffenden Parameter mit Ausnahme der elektrischen Leitfähigkeit, des Formfaktors und des pH-Werts nicht von dem Geschlecht bzw. von der Halothanbehandlung beeinflusst wurden, blieben diese beiden Faktoren bei der Berechnung der Korrelationen zwischen den histometrischen Merkmalen zunächst weitgehend unberücksichtigt.

Bei der elektrischen Leitfähigkeit und dem Formfaktor wurden die Korrelationen nach Geschlechtern getrennt berechnet. Dabei ergaben sich allerdings nur in geringem Umfang

unterschiedlich ausgeprägte Zusammenhänge. Bei den männlichen Tieren war die Höhe des Formfaktors hochsignifikant negativ mit der elektrischen Leitfähigkeit korreliert ( $r = -0,374^{**}$ ), während sich der entsprechende Zusammenhang für die weiblichen Tiere nicht statistisch absichern ließ ( $r = -0,186$ ).

Die Zusammenhänge zwischen dem Formfaktor und den übrigen histometrischen Merkmalen sowie den die Fleischbeschaffenheit beschreibenden Parametern wurden ebenfalls nach Geschlechtern getrennt berechnet. Hier ergaben sich bei den männlichen Tieren hochsignifikant positive Beziehungen zwischen der Zirkularität und der mittleren Sehnenlänge ( $r = 0,353^{**}$ ). Bei den weiblichen Enten ergaben sich nur schwach positive Beziehungen ( $r = 0,163$ ), die sich statistisch nicht absichern ließen.

Die Korrelationen zwischen dem Formfaktor und den Umfangsmaßen sowie den Feretabmessungen waren hingegen bei den weiblichen Tieren stärker ausgeprägt und im Vergleich zu den männlichen Tieren auch statistisch signifikant bis höchstsignifikant. Hier ergaben sich bei den männlichen Tieren schwach negative Verbindungen ( $r = -0,160$ ) bis schwach positive Beziehungen ( $r = 0,107$ ), während bei den weiblichen Enten Korrelationen zwischen  $r = -0,296^*$  und  $r = -0,513^{***}$  berechnet werden konnten. Geschlechtsunabhängig war ein höherer Formfaktor mit größeren mittleren Sehnenlängen, aber geringeren Umfängen verbunden. Größere Feretabmessungen waren bei den weiblichen Probanden mit einer geringeren Zirkularität verbunden, bei den männlichen Enten mit einem höheren Formfaktor, was jedoch statistisch nicht abzusichern war.

Da der pH-Wert signifikant von der Halothanbehandlung beeinflusst wurde, erfolgte hier die Berechnung der Korrelationen getrennt für behandelte und unbehandelte Tiere. Bei den behandelten Tieren konnten überwiegend schwach negative Beziehungen zwischen der Höhe des pH-Wertes und den übrigen histometrischen Parametern berechnet werden, während sich bei den unbehandelten hier schwach positive Zusammenhänge ergaben. Statistisch abzusichern waren diese Korrelationen allerdings nicht.

Bei der Betrachtung der Korrelationen zwischen den histometrischen Merkmalen und der Fleischbeschaffenheit ohne Berücksichtigung des Geschlechts bzw. der Halothanbehandlung wurden die nachfolgend dargestellten Beziehungen bestimmt. Die Höhe des pH-Wertes war mit den Ausmaßen der Muskelfasern ausschließlich negativ korreliert, was sich aber statistisch nicht belegen ließ. Geringere pH-Werte waren verbunden mit größeren Muskelfaserabmessungen. Die elektrische Leitfähigkeit war mit Ausnahme der mittleren Sehnenlänge und der Zirkularität ausschließlich positiv mit den Ausmaßen der Muskelfasern verbunden. Statistisch absichern ließ sich dies allerdings nur zwischen dem Formfaktor und

der Leitfähigkeit. Eine höhere Leitfähigkeit war verbunden mit einem geringeren Formfaktor, aber mit größeren Muskelfaserabmessungen.

Nahezu ausschließlich negative Beziehungen wurden zwischen der Zirkularität und den übrigen histometrischen Parametern errechnet, was sich zum Teil auch statistisch belegen ließ. Ein höherer Formfaktor war demnach gekoppelt mit geringeren Muskelfaserabmessungen.

Die Merkmale, die zur Charakterisierung der Muskelfasern bestimmt wurden, waren erwartungsgemäß höchstsignifikant positiv miteinander korreliert. Hier ergaben sich hochsignifikant positive Verbindungen, die zum Teil Werte nahe 1 erreichten, was auf Autokorrelationen zurückzuführen ist (siehe Tab.124).

Tab. 124: Korrelationen zwischen den erhobenen histometrischen Parametern und der Fleischbeschaffenheit

Merkmal	n	pH-Wert	ELF	Formfaktor	Fläche	Faseranzahl	Kreisdurchmesser	mittl. Sehnenlänge
pH-Wert	118	1	0,023	0,011	-0,054	-0,106	-0,050	-0,010
ELF	118	0,023	1	<b>-0,216*</b>	0,025	-0,091	0,018	-0,057
Formfaktor	118	0,011	<b>-0,216*</b>	1	-0,062	-0,084	-0,035	<b>0,263*</b>
Fläche	118	-0,054	0,025	-0,062	1	<b>-0,386***</b>	<b>0,990***</b>	<b>0,840***</b>
Faseranzahl	118	-0,046	0,011	-0,040	-0,312	1	-0,293	-0,354
Kreisdurchmesser	118	-0,050	0,018	-0,035	<b>0,990***</b>	<b>-0,420***</b>	1	<b>0,858***</b>
mittl. Sehnenlänge	118	-0,010	-0,057	<b>0,263**</b>	<b>0,840***</b>	<b>-0,400***</b>	<b>0,858***</b>	1
Umfang gesamt	118	-0,043	0,068	<b>-0,359***</b>	<b>0,943***</b>	<b>-0,358***</b>	<b>0,943***</b>	<b>0,707***</b>
Umfang innen	118	-0,043	0,067	<b>-0,360***</b>	<b>0,943***</b>	<b>-0,357***</b>	<b>0,942***</b>	<b>0,706***</b>
Umfang außen	118	-0,044	0,068	<b>-0,358***</b>	<b>0,943***</b>	<b>-0,359***</b>	<b>0,943***</b>	<b>0,707***</b>
Feret min.	118	-0,054	0,011	-0,089	<b>0,984***</b>	<b>-0,402***</b>	<b>0,992***</b>	<b>0,828***</b>
Feret mittl.	118	-0,057	0,021	-0,139	<b>0,976***</b>	<b>-0,398***</b>	<b>0,983***</b>	<b>0,824***</b>
Feret max.	118	-0,072	0,028	-0,157	<b>0,959***</b>	<b>-0,401***</b>	<b>0,966***</b>	<b>0,810***</b>

Merkmal	n	Umfang gesamt	Umfang innen	Umfang außen	Feret min.	Feret mittl.	Feret max.
pH-Wert	118	-0,043	-0,043	-0,044	-0,054	-0,057	-0,072
ELF	118	0,068	0,067	0,068	0,011	0,021	0,028
Formfaktor	118	<b>-0,359***</b>	<b>-0,360***</b>	<b>-0,358***</b>	-0,089	-0,139	-0,157
Fläche	118	<b>0,943***</b>	<b>0,943***</b>	<b>0,943***</b>	<b>0,984***</b>	<b>0,976***</b>	<b>0,959***</b>
Faseranzahl	118	<b>-0,358***</b>	<b>-0,357***</b>	<b>-0,359***</b>	<b>-0,402***</b>	<b>-0,398***</b>	<b>-0,401***</b>
Kreisdurchmesser	118	<b>0,943***</b>	<b>0,942***</b>	<b>0,943***</b>	<b>0,992***</b>	<b>0,983***</b>	<b>0,966***</b>
mittl. Sehnenlänge	118	<b>0,707***</b>	<b>0,706***</b>	<b>0,707***</b>	<b>0,828***</b>	<b>0,824***</b>	<b>0,810***</b>
Umfang gesamt	118	1	<b>1,000***</b>	<b>1,000***</b>	<b>0,954***</b>	<b>0,963***</b>	<b>0,953***</b>
Umfang innen	118	<b>1,000***</b>	1	<b>1,000***</b>	<b>0,954***</b>	<b>0,963***</b>	<b>0,953***</b>
Umfang außen	118	<b>1,000***</b>	<b>1,000***</b>	1	<b>0,954***</b>	<b>0,963***</b>	<b>0,953***</b>
Feret min.	118	<b>0,954***</b>	<b>0,954***</b>	<b>0,954***</b>	1	<b>0,979***</b>	<b>0,956***</b>
Feret mittl.	118	<b>0,963***</b>	<b>0,963***</b>	<b>0,963***</b>	<b>0,979***</b>	1	<b>0,994***</b>
Feret max.	118	<b>0,953***</b>	<b>0,953***</b>	<b>0,953***</b>	<b>0,956***</b>	<b>0,994***</b>	1

#### 4.9.2.2 Korrelationen zwischen den histometrischen Merkmalen und der Fleischbeschaffenheit unter Berücksichtigung des Geschlechts

Da sich das Geschlecht lediglich auf die Höhe der elektrischen Leitfähigkeit auswirkt und die unter Berücksichtigung des Geschlechts berechneten Korrelationen zwischen den oben genannten Parametern und den übrigen Merkmalen gleichgerichtet waren (siehe Punkt 4.9.2), werden die nachfolgend dargestellten Zusammenhänge in Bezug auf die variierenden Vorbrutbedingungen geschlechtsunabhängig dargestellt.

#### 4.9.2.3 Zusammenhänge zwischen den histometrischen Merkmalen und der Fleischbeschaffenheit in Abhängigkeit von der Vorbruttemperatur

Zwischen den in diesem Zusammenhang ermittelten Korrelationen konnten durch die unterschiedlichen Vorbruttemperaturen keine deutlichen Unterschiede hervorgerufen werden. Die bestimmten Zusammenhänge ähnelten den Verbindungen, die temperaturunabhängig berechnet wurden (siehe Tab. 125-127).

Tab. 125: Berechnete Zusammenhänge zwischen den erhobenen histometrischen Parametern und der Fleischbeschaffenheit bei 36,5 °C Vorbruttemperatur

Merkmal	n	pH-Wert	ELF	Formfaktor	Fläche	Faseranzahl	Kreisdurchmesser	mittl. Sehnenlänge
pH-Wert	13	1	0,057	0,289	-0,263	-0,101	-0,247	-0,199
ELF	13	0,057	1	<b>-0,601*</b>	-0,070	<b>-0,404*</b>	-0,053	-0,179
Formfaktor	13	0,289	<b>-0,601*</b>	1	-0,350	0,091	-0,361	-0,153
Fläche	13	-0,263	-0,070	-0,350	1	-0,284	<b>0,994***</b>	<b>0,969***</b>
Faseranzahl	13	-0,101	<b>-0,404*</b>	0,091	-0,284	1	-0,314	-0,303
Kreisdurchmesser	13	-0,247	-0,053	-0,361	<b>0,994***</b>	-0,314	1	<b>0,976***</b>
mittl. Sehnenlänge	13	-0,199	-0,179	-0,153	<b>0,969***</b>	-0,303	<b>0,976***</b>	1
Umfang gesamt	13	-0,281	0,061	-0,538	<b>0,974***</b>	-0,303	<b>0,979***</b>	<b>0,910***</b>
Umfang innen	13	-0,282	0,057	-0,536	<b>0,974***</b>	-0,302	<b>0,979***</b>	<b>0,911***</b>
Umfang außen	13	-0,280	0,062	-0,537	<b>0,975***</b>	-0,304	<b>0,979***</b>	<b>0,911***</b>
Feret min.	13	-0,281	-0,084	-0,362	<b>0,984***</b>	-0,282	<b>0,994***</b>	<b>0,969***</b>
Feret mittl.	13	-0,317	-0,002	-0,458	<b>0,978***</b>	-0,325	<b>0,986***</b>	<b>0,939***</b>
Feret max.	13	-0,347	0,037	-0,485	<b>0,954***</b>	-0,348	<b>0,962***</b>	<b>0,908***</b>

Merkmal	n	Umfang gesamt	Umfang innen	Umfang außen	Feret (min.)	Feret (mittl.)	Feret (max.)
pH-Wert	13	-0,281	-0,282	-0,280	-0,281	-0,317	-0,347
ELF	13	0,061	0,057	0,062	-0,084	-0,002	0,037
Formfaktor	13	-0,538	-0,536	-0,537	-0,362	-0,458	-0,485
Fläche	13	<b>0,974***</b>	<b>0,974***</b>	<b>0,975***</b>	<b>0,984***</b>	<b>0,978***</b>	<b>0,954***</b>
Faseranzahl	13	-0,303	-0,302	-0,304	-0,282	-0,325	-0,348
Kreisdurchmesser	13	<b>0,979***</b>	<b>0,979***</b>	<b>0,979***</b>	<b>0,994***</b>	<b>0,986***</b>	<b>0,962***</b>
mittl. Sehnenlänge	13	<b>0,910***</b>	<b>0,911***</b>	<b>0,911***</b>	<b>0,969***</b>	<b>0,939***</b>	<b>0,908***</b>
Umfang gesamt	13	1	<b>1,000***</b>	<b>1,000***</b>	<b>0,974***</b>	<b>0,987***</b>	<b>0,969***</b>
Umfang innen	13	<b>1,000***</b>	1	<b>1,000***</b>	<b>0,975***</b>	<b>0,987***</b>	<b>0,969***</b>
Umfang außen	13	<b>1,000***</b>	<b>1,000***</b>	1	<b>0,974***</b>	<b>0,987***</b>	<b>0,969***</b>
Feret min.	13	<b>0,974***</b>	<b>0,975***</b>	<b>0,974***</b>	1	<b>0,979***</b>	<b>0,947***</b>
Feret mittl.	13	<b>0,987***</b>	<b>0,987***</b>	<b>0,987***</b>	<b>0,979***</b>	1	<b>0,992***</b>
Feret max.	13	<b>0,969***</b>	<b>0,969***</b>	<b>0,969***</b>	<b>0,947***</b>	<b>0,992***</b>	1

Tab. 126: Berechnete Zusammenhänge zwischen den erhobenen histometrischen Parametern und der Fleischbeschaffenheit bei 37,5 °C Vorbruttemperatur

Merkmal	n	pH-Wert	ELF	Form- faktor	Fläche	Faser- anzahl	Kreisdurch- messer	mittl. Sehnenlänge
pH-Wert	20	1	-0,007	-0,187	0,126	0,021	0,114	0,036
ELF	20	-0,007	1	<b>-0,525**</b>	-0,383	0,326	-0,363	<b>-0,468*</b>
Formfaktor	20	-0,187	<b>-0,525**</b>	1	0,353	-0,187	0,338	<b>0,575**</b>
Fläche	20	0,126	-0,383	0,353	1	<b>-0,504**</b>	<b>0,994***</b>	<b>0,963***</b>
Faserfläche	20	0,021	0,326	-0,187	<b>-0,504**</b>	1	<b>-0,564***</b>	<b>-0,430*</b>
Kreisdurchmesser	20	0,114	-0,363	0,338	<b>0,994***</b>	<b>-0,564***</b>	1	<b>0,963***</b>
mittl. Sehnenlänge	20	0,036	<b>-0,468*</b>	<b>0,575**</b>	<b>0,963***</b>	<b>-0,609***</b>	<b>0,963***</b>	1
Umfang gesamt	20	0,213	-0,173	-0,026	<b>0,915***</b>	<b>-0,430*</b>	<b>0,928***</b>	<b>0,794***</b>
Umfang innen	20	0,213	-0,172	-0,027	<b>0,914***</b>	<b>-0,430*</b>	<b>0,928***</b>	<b>0,793***</b>
Umfang außen	20	0,211	-0,176	-0,024	<b>0,917***</b>	<b>-0,430*</b>	<b>0,930***</b>	<b>0,795***</b>
Feret min.	20	0,082	-0,310	0,310	<b>0,987***</b>	<b>-0,561***</b>	<b>0,995***</b>	<b>0,951***</b>
Feret mittl.	20	0,154	-0,281	0,209	<b>0,965***</b>	<b>-0,516*</b>	<b>0,974***</b>	<b>0,901***</b>
Feret max.	20	0,119	-0,267	0,196	<b>0,941***</b>	<b>-0,518*</b>	<b>0,956***</b>	<b>0,879***</b>

Merkmal	n	Umfang gesamt	Umfang innen	Umfang außen	Feret min.	Feret mittl.	Feret max.
pH-Wert	20	0,213	0,213	0,211	0,082	0,154	0,119
ELF	20	-0,173	-0,172	-0,175	-0,310	-0,281	-0,267
Formfaktor	20	-0,026	-0,027	-0,024	0,310	0,209	0,196
Fläche	20	<b>0,915***</b>	<b>0,914***</b>	<b>0,915***</b>	<b>0,987***</b>	<b>0,965***</b>	<b>0,941***</b>
Faserfläche	20	<b>-0,430*</b>	<b>-0,430*</b>	<b>-0,430*</b>	<b>-0,561***</b>	<b>-0,516*</b>	<b>-0,518*</b>
Kreisdurchmesser	20	<b>0,928***</b>	<b>0,928***</b>	<b>0,929***</b>	<b>0,995***</b>	<b>0,974***</b>	<b>0,956***</b>
mittl. Sehnenlänge	20	<b>0,794***</b>	<b>0,793***</b>	<b>0,795***</b>	<b>0,951***</b>	<b>0,901***</b>	<b>0,879***</b>
Umfang gesamt	20	1	<b>1,000***</b>	<b>1,000***</b>	<b>0,933***</b>	<b>0,953***</b>	<b>0,944***</b>
Umfang innen	20	<b>1,000***</b>	1	<b>1,000***</b>	<b>0,933***</b>	<b>0,953***</b>	<b>0,944***</b>
Umfang außen	20	<b>1,000***</b>	<b>1,000***</b>	1	<b>0,934***</b>	<b>0,953***</b>	<b>0,944***</b>
Feret min.	20	<b>0,933***</b>	<b>0,933***</b>	<b>0,934***</b>	1	<b>0,967***</b>	<b>0,943***</b>
Feret mittl.	20	<b>0,953***</b>	<b>0,953***</b>	<b>0,953***</b>	<b>0,967***</b>	1	<b>0,990***</b>
Feret max.	20	<b>0,944***</b>	<b>0,944***</b>	<b>0,944***</b>	<b>0,943***</b>	<b>0,990***</b>	1



Tab. 127: Berechnete Zusammenhänge zwischen den erhobenen histometrischen Parametern und der Fleischbeschaffenheit bei einer Vorbruttemperatur von 38,5 °C

Merkmal	n	pH-Wert	ELF	Formfaktor	Fläche	Faseranzahl	Kreisdurchmesser	mittl. Sehnenlänge
pH-Wert	27	1	0,122	0,067	0,143	-0,179	0,152	0,205
ELF	27	0,122	1	-0,212	0,152	-0,007	0,069	-0,095
Formfaktor	27	0,067	-0,212	1	-0,042	-0,157	0,008	0,297
Fläche	27	0,143	0,152	-0,042	1	<b>-0,472***</b>	<b>0,981***</b>	<b>0,733***</b>
Faseranzahl	27	-0,179	-0,007	-0,157	<b>-0,472***</b>	1	<b>-0,494***</b>	<b>-0,437***</b>
Kreisdurchmesser	27	0,152	0,069	0,008	<b>0,981***</b>	<b>-0,494***</b>	1	<b>0,758***</b>
mittl. Sehnenlänge	27	0,205	-0,095	0,297	<b>0,733***</b>	<b>-0,437***</b>	<b>0,758***</b>	1
Umfang gesamt	27	0,127	0,114	-0,319	<b>0,940***</b>	<b>-0,406**</b>	<b>0,943***</b>	<b>0,607***</b>
Umfang innen	27	0,127	0,114	-0,321	<b>0,939***</b>	<b>-0,406**</b>	<b>0,943***</b>	<b>0,606***</b>
Umfang außen	27	0,126	0,113	-0,319	<b>0,940***</b>	<b>-0,407**</b>	<b>0,943***</b>	<b>0,608***</b>
Feret min.	27	0,159	0,080	-0,050	<b>0,982***</b>	<b>-0,480**</b>	<b>0,994***</b>	<b>0,717***</b>
Feret mittl.	27	0,132	0,064	-0,063	<b>0,974***</b>	<b>-0,453***</b>	<b>0,987***</b>	<b>0,763***</b>
Feret max.	27	0,114	0,060	-0,074	<b>0,963***</b>	<b>-0,436***</b>	<b>0,975***</b>	<b>0,772***</b>

Merkmal	n	Umfang gesamt	Umfang innen	Umfang außen	Feret (min.)	Feret (mittl.)	Feret (max.)
pH-Wert	27	0,127	0,127	0,126	0,159	0,132	0,114
ELF	27	0,114	0,114	0,113	0,080	0,064	0,060
Formfaktor	27	-0,319	-0,321	-0,319	-0,050	-0,063	-0,074
Fläche	27	<b>0,940***</b>	<b>0,939***</b>	<b>0,940***</b>	<b>0,982***</b>	<b>0,974***</b>	<b>0,963***</b>
Faseranzahl	27	<b>-0,406**</b>	<b>-0,406**</b>	<b>-0,407**</b>	<b>-0,480**</b>	<b>-0,453***</b>	<b>-0,436***</b>
Kreisdurchmesser	27	<b>0,943***</b>	<b>0,943***</b>	<b>0,943***</b>	<b>0,994***</b>	<b>0,987***</b>	<b>0,975***</b>
mittl. Sehnenlänge	27	<b>0,607***</b>	<b>0,606***</b>	<b>0,608***</b>	<b>0,717***</b>	<b>0,763***</b>	<b>0,772***</b>
Umfang gesamt	27	1	<b>1,000***</b>	<b>1,000***</b>	<b>0,958***</b>	<b>0,955***</b>	<b>0,947***</b>
Umfang innen	27	<b>1,000***</b>	1	<b>1,000***</b>	<b>0,957***</b>	<b>0,955***</b>	<b>0,947***</b>
Umfang außen	27	<b>1,000***</b>	<b>1,000***</b>	1	<b>0,958***</b>	<b>0,955***</b>	<b>0,947***</b>
Feret min.	27	<b>0,958***</b>	<b>0,957***</b>	<b>0,958***</b>	1	<b>0,986***</b>	<b>0,970***</b>
Feret mittl.	27	<b>0,955***</b>	<b>0,955***</b>	<b>0,955***</b>	<b>0,986***</b>	1	<b>0,997***</b>
Feret max.	27	<b>0,947***</b>	<b>0,947***</b>	<b>0,947***</b>	<b>0,970***</b>	<b>0,997***</b>	1

#### 4.9.2.4 Zusammenhänge zwischen den histometrischen Merkmalen und der Fleischbeschaffenheit in Bezug auf die Halothaneinwirkung

Die Behandlung mit dem Inhalationsnarkotikum wirkte sich wie folgt auf die bestimmten Korrelationen zwischen den genannten Parametern aus. Während die Höhe des pH-Wertes bei behandelten Tieren mit Ausnahme des Formfaktors ausschließlich negativ mit den Ausmaßen der Muskelfasern verbunden war, ergaben sich bei den unbehandelten Enten abgesehen vom Formfaktor nur positive Zusammenhänge. Unterschiedlich gerichtete Verbindungen wurden auch zwischen der Leitfähigkeit und den übrigen Merkmalen bestimmt. Hier ergaben sich bei den halothanisierten Tieren abgesehen vom Formfaktor nur positive Kopplungen zwischen den beschriebenen Parametern. Dagegen war bei den unbehandelten Enten die Ausprägung der Muskelfasern ausschließlich negativ mit der elektrischen Leitfähigkeit verbunden. Behandelte Tiere mit höheren Faserausmaßen zeigen demnach einen geringeren pH-Wert und eine höhere elektrische Leitfähigkeit. Nicht behandelte Probanden mit größeren Muskelfasern wiesen dagegen höhere pH-Werte und geringere Leitfähigkeiten auf. Statistisch belegen ließ sich dies allerdings nicht (siehe Tab. 128 u. 129).

Die Beziehungen zwischen der Zirkularität und der mittleren Sehnenlänge waren bei den unbehandelten Tieren statistisch signifikant. Bei den behandelten Probanden war dieser Zusammenhang dagegen nicht statistisch abzusichern. Im Vergleich dazu waren die Korrelationen zwischen den Faserumfängen und dem Formfaktor bei nicht halothanisierten Tieren statistisch signifikant, während sie bei den behandelten Enten höchstsignifikant waren. Auf die übrigen in diesem Zusammenhang bestimmten Korrelationen hatte die Halothanbehandlung keinen Einfluss (siehe Tab. 128 u. 129).

Tab.128: Beziehungen zwischen den erhobenen histometrischen Parametern und der Fleischbeschaffenheit bei halothanbehandelten Enten

Merkmal	n	pH-Wert	ELF	Formfaktor	Fläche	Faseranzahl	Kreisdurchmesser	mittl. Sehnenlänge
pH-Wert	58	1	-0,016	0,047	-0,146	-0,149	-0,147	-0,128
ELF	58	-0,016	1	-0,073	0,092	0,031	0,108	0,093
Formfaktor	58	0,047	-0,073	1	-0,090	-0,056	-0,067	0,243
Fläche	58	-0,146	0,092	-0,090	1	<b>-0,413***</b>	<b>0,993***</b>	<b>0,937***</b>
Faseranzahl		-0,149	0,031	-0,056	<b>-0,413***</b>	1	<b>-0,433***</b>	<b>-0,440***</b>
Kreisdurchmesser	58	-0,147	0,108	-0,067	<b>0,993***</b>	<b>-0,433***</b>	1	<b>0,950***</b>
mittl. Sehnenlänge	58	-0,128	0,093	0,243	<b>0,937***</b>	<b>-0,440***</b>	<b>0,950***</b>	1
Umfang gesamt	58	-0,149	0,103	<b>-0,398**</b>	<b>0,942***</b>	<b>-0,374**</b>	<b>0,939***</b>	<b>0,785***</b>
Umfang innen	58	-0,148	0,103	<b>-0,400**</b>	<b>0,942***</b>	<b>-0,374**</b>	<b>0,939***</b>	<b>0,784***</b>
Umfang außen	58	-0,149	0,103	<b>-0,398**</b>	<b>0,942***</b>	<b>-0,375**</b>	<b>0,939***</b>	<b>0,786***</b>
Feret min.	58	-0,148	0,093	-0,132	<b>0,987***</b>	<b>-0,436***</b>	<b>0,992***</b>	<b>0,922***</b>
Feret mittl.	58	-0,156	0,082	-0,176	<b>0,980***</b>	<b>-0,424***</b>	<b>0,983***</b>	<b>0,898***</b>
Feret max.	58	-0,162	0,080	-0,196	<b>0,964***</b>	<b>-0,420***</b>	<b>0,967***</b>	<b>0,875***</b>

Merkmal	n	Umfang gesamt	Umfang innen	Umfang außen	Feret min.	Feret mittl.	Feret max.
pH-Wert	58	-0,149	-0,148	-0,149	-0,148	-0,156	-0,162
ELF	58	0,103	0,103	0,103	0,093	0,082	0,080
Formfaktor	58	<b>-0,398**</b>	<b>-0,400**</b>	<b>-0,398**</b>	-0,132	-0,176	-0,196
Fläche	58	<b>0,942***</b>	<b>0,942***</b>	<b>0,942***</b>	<b>0,987***</b>	<b>0,980***</b>	<b>0,964***</b>
Faseranzahl	58	<b>-0,374**</b>	<b>-0,374**</b>	<b>-0,375**</b>	<b>-0,436***</b>	<b>-0,424***</b>	<b>-0,420***</b>
Kreisdurchmesser	58	<b>0,939***</b>	<b>0,939***</b>	<b>0,939***</b>	<b>0,992***</b>	<b>0,983***</b>	<b>0,967***</b>
mittl. Sehnenlänge	58	<b>0,785***</b>	<b>0,784***</b>	<b>0,786***</b>	<b>0,922***</b>	<b>0,898***</b>	<b>0,875***</b>
Umfang gesamt	58	1	<b>1,000***</b>	<b>1,000***</b>	<b>0,955***</b>	<b>0,963***</b>	<b>0,955***</b>
Umfang innen	58	<b>1,000***</b>	1	<b>1,000***</b>	<b>0,954***</b>	<b>0,963***</b>	<b>0,955***</b>
Umfang außen	58	<b>1,000***</b>	<b>1,000***</b>	1	<b>0,955***</b>	<b>0,964***</b>	<b>0,955***</b>
Feret min.	58	<b>0,955***</b>	<b>0,954***</b>	<b>0,955***</b>	1	<b>0,981***</b>	<b>0,959***</b>
Feret mittl.	58	<b>0,963***</b>	<b>0,963***</b>	<b>0,964***</b>	<b>0,981***</b>	1	<b>0,996***</b>
Feret max.	58	<b>0,955***</b>	<b>0,955***</b>	<b>0,955***</b>	<b>0,959***</b>	<b>0,996***</b>	1

Tab. 129: Korrelationen zwischen den erhobenen histometrischen Parametern und der Fleischbeschaffenheit bei nicht halothanbehandelten Enten

Merkmal	n	pH-Wert	ELF	Form- faktor	Fläche	Faser- anzahl	Kreisdurch- messer	mittl. Sehnenlänge
pH-Wert	60	1	0,067	0,012	0,034	-0,092	0,047	0,105
ELF	60	0,067	1	<b>-0,384***</b>	-0,050	-0,191	-0,080	-0,176
Formfaktor	60	0,012	<b>-0,384***</b>	1	-0,014	-0,103	0,015	<b>0,288**</b>
Fläche	60	0,034	-0,050	-0,014	1	<b>-0,379**</b>	<b>0,986***</b>	<b>0,788***</b>
Faseranzahl	60	-0,092	-0,191	-0,103	<b>-0,379</b>	1	<b>-0,424</b>	<b>-0,374</b>
Kreisdurchmesser	60	0,047	-0,080	0,015	<b>0,986***</b>	<b>-0,424***</b>	1	<b>0,808***</b>
mittl. Sehnenlänge	60	0,105	-0,176	<b>0,288*</b>	<b>0,788***</b>	<b>-0,374**</b>	<b>0,808***</b>	1
Umfang gesamt	60	0,052	0,026	<b>-0,294*</b>	<b>0,945***</b>	<b>-0,366**</b>	<b>0,949***</b>	<b>0,673***</b>
Umfang innen	60	0,052	0,025	<b>-0,295*</b>	<b>0,944***</b>	<b>-0,365**</b>	<b>0,948***</b>	<b>0,672***</b>
Umfang außen	60	0,052	0,026	<b>-0,294*</b>	<b>0,945***</b>	<b>-0,367**</b>	<b>0,949***</b>	<b>0,673***</b>
Feret min.	60	0,031	-0,077	-0,026	<b>0,982***</b>	<b>-0,390**</b>	<b>0,993***</b>	<b>0,776***</b>
Feret mittl.	60	0,033	-0,047	-0,077	<b>0,972***</b>	<b>-0,395**</b>	<b>0,983***</b>	<b>0,792***</b>
Feret max.	60	0,004	-0,032	-0,091	<b>0,955***</b>	<b>-0,406***</b>	<b>0,966***</b>	<b>0,787***</b>

Merkmal	n	Umfang gesamt	Umfang innen	Umfang außen	Feret min.	Feret mittl.	Feret max.
pH-Wert	60	0,052	0,052	0,052	0,031	0,033	0,004
ELF	60	0,026	0,025	0,026	-0,077	-0,047	-0,032
Formfaktor	60	<b>-0,294*</b>	<b>-0,295*</b>	<b>-0,294*</b>	-0,026	-0,077	-0,091
Fläche	60	<b>0,945***</b>	<b>0,944***</b>	<b>0,945***</b>	<b>0,982***</b>	<b>0,972***</b>	<b>0,955***</b>
Faseranzahl	60	<b>-0,366**</b>	<b>-0,365**</b>	<b>-0,367**</b>	<b>-0,390**</b>	<b>-0,395**</b>	<b>-0,406***</b>
Kreisdurchmesser	60	<b>0,949***</b>	<b>0,948***</b>	<b>0,949***</b>	<b>0,993***</b>	<b>0,983***</b>	<b>0,966***</b>
mittl. Sehnenlänge	60	<b>0,673***</b>	<b>0,672***</b>	<b>0,673***</b>	<b>0,776***</b>	<b>0,792***</b>	<b>0,787***</b>
Umfang gesamt	60	1	<b>1,000***</b>	<b>1,000***</b>	<b>0,956***</b>	<b>0,962***</b>	<b>0,951***</b>
Umfang innen	60	<b>1,000***</b>	1	<b>1,000***</b>	<b>0,955***</b>	<b>0,962***</b>	<b>0,950***</b>
Umfang außen	60	<b>1,000***</b>	<b>1,000***</b>	1	<b>0,956***</b>	<b>0,963***</b>	<b>0,951***</b>
Feret min.	60	<b>0,956***</b>	<b>0,955***</b>	<b>0,956***</b>	1	<b>0,978***</b>	<b>0,953***</b>
Feret mittl.	60	<b>0,962***</b>	<b>0,962***</b>	<b>0,963***</b>	<b>0,978***</b>	1	<b>0,993***</b>
Feret max.	60	<b>0,951***</b>	<b>0,950***</b>	<b>0,951***</b>	<b>0,953***</b>	<b>0,993***</b>	1

#### **4.9.3 Korrelationen zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und dem embryonalen Sauerstoffverbrauch**

Die unterschiedlichen Vorbrutbedingungen wirkten sich wie nachfolgend dargestellt auf die berechneten Zusammenhänge zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit sowie der embryonalen Atmungsaktivität aus.

Die Höhe des pH-Wertes war bei den männlichen Probanden temperatur- und halothanunabhängig negativ mit dem embryonalen Sauerstoffverbrauch gekoppelt, was sich für die Gruppe 3 auch statistisch belegen ließ. Daraus folgt, dass männliche Enten mit einem höheren embryonalen Sauerstoffverbrauch post mortem einen geringeren pH-Wert aufwiesen. Die elektrische Leitfähigkeit war bei den männlichen Tieren der Gruppe 1 negativ mit der embryonalen Atmungsaktivität verbunden, während für die Gruppen 2 und 3 in diesem Zusammenhang positive Korrelationen berechnet wurden.

Bei den Enten der Gruppe 1 war demnach eine höhere Leitfähigkeit verbunden mit einem geringeren Sauerstoffverbrauch, bei den Gruppen 2 und 3 dagegen mit einer stärkeren Atmungsaktivität.

Halothanbehandelte Enten mit einer höheren Atmungsaktivität zeigten post mortem eine höhere Leitfähigkeit, während unbehandelte Enten mit höherem Sauerstoffverbrauch hier geringere Leitfähigkeiten aufwiesen. Statistisch absichern ließen sich diese Zusammenhänge jedoch nicht.

Der Formfaktor war abgesehen von der Gruppe 1, bei der eine stärkere Zirkularität mit höheren Sauerstoffverbrauchswerten verbunden war, bei den übrigen Tieren temperatur- und halothanunabhängig gekoppelt mit geringeren Atmungsaktivitäten, was statistisch jedoch nicht zu belegen war.

Die durchschnittliche Größe des Faserquerschnittes, der einzelnen Faserumfänge und des maximalen Ferets war bei den Tieren der Gruppen 1 und 3 negativ mit dem embryonalen Sauerstoffverbrauch gekoppelt, bei den Tieren der Gruppe 2 ergaben sich hier durchweg positive Zusammenhänge. Bei suboptimalen Vorbruttemperaturen waren größere Faserflächen, Umfänge und maximale Feretabmessungen verbunden mit einer geringeren Atmungsaktivität (siehe Tab. 130). Dagegen wurden bei den bei 37,5 °C bebrüteten männlichen Enten, die pränatal stärkere Atmungsaktivitäten zeigten, größere Faserflächen, Umfänge und maximale Feretabmessungen bestimmt. Bei den halothanbehandelten Tieren ergaben sich in diesem Zusammenhang schwach positive Korrelationen, bei den nicht behandelten dagegen negative Verbindungen. Behandelte Tiere mit größeren Faserquerschnitten, ausgeprägteren Umfängen und maximalen Feretmaßen zeigten demnach

eine stärkere embryonale Atmungsaktivität, unbehandelte hingegen geringere Sauerstoffverbrauchswerte.

Die Zahl der Fasern pro Bildausschnitt war bei den Tieren der Gruppen 1 und 2 sowie den behandelten Enten negativ mit dem pränatalen Sauerstoffverbrauch korreliert, bei der Gruppe 3 und den unbehandelten Probanden ergaben sich dagegen positive Beziehungen. Höhere Atmungsaktivitäten waren folglich bei den Tieren der Gruppen 1 und 2 und den behandelten Tieren mit weniger Muskelfasern pro Ausschnitt verbunden, während bei der Gruppe 3 und den unbehandelten Tieren eine größere Faseranzahl mit ausgeprägteren O<sub>2</sub>-Verbrauchswerten gekoppelt war.

Die Größe der Kreisdurchmesser, der mittleren Sehnenlängen und den minimalen und mittleren Feretabmessungen waren bei den Gruppen 1 und 2 und den halothanbehandelten Enten verbunden mit ausgeprägteren pränatalen Atmungsaktivitäten, während bei den Tieren der Gruppe 3 und den unbehandelten Probanden in diesem Zusammenhang negative Beziehungen bestimmt wurden. Statistisch absichern ließen sich die berechneten Korrelationen allerdings nur zwischen dem pH-Wert und der embryonalen Atmungsaktivität (siehe Tab. 130).

Tab. 130: Korrelationen zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und dem embryonalen O<sub>2</sub>-Verbrauch männlicher Enten bei variierenden Vorbrutbedingungen

Vorbrutbedingungen	n	pH-Wert	ELF	Formfaktor	Fläche	Faseranzahl	Kreisdurchmesser	mittl. Sehnenlänge
Gruppe 1 (36,5 °C)	17	-0,347	-0,233	0,190	-0,001	-0,015	0,025	0,064
Gruppe 2 (37,5 °C)	19	-0,025	0,065	-0,181	0,130	-0,306	0,123	0,082
Gruppe 3 (38,5 °C)	27	<b>-0,379*</b>	0,297	-0,062	-0,326	0,200	-0,289	-0,263
Halothan ja	31	-0,312	0,247	-0,010	0,024	-0,127	0,046	0,031
Halothan nein	32	-0,249	-0,146	-0,056	-0,194	0,071	-0,170	-0,200

Vorbrutbedingungen	n	Umfang gesamt	Umfang innen	Umfang außen	Feret min.	Feret mittl.	Feret max.
Gruppe 1 (36,5 °C)	17	-0,015	-0,014	-0,016	0,030	0,004	-0,012
Gruppe 2 (37,5 °C)	19	0,155	0,156	0,156	0,123	0,114	0,120
Gruppe 3 (38,5 °C)	27	-0,257	-0,258	-0,256	-0,312	-0,290	-0,265
Halothan ja	31	0,058	0,058	0,058	0,029	0,045	0,047
Halothan nein	32	-0,153	-0,152	-0,153	-0,152	-0,175	-0,170

Für die weiblichen Enten ergaben sich die nachfolgend beschriebenen Korrelationen zwischen den histometrischen Merkmalen der Fleischbeschaffenheit sowie der embryonalen Atmungsaktivität. Die Höhe des pH-Wertes war bei den Enten der Gruppen 1 und 3 sowie halothan-

behandelten Probanden negativ mit der pränatalen Atmungsaktivität verbunden. Hier waren geringere pH-Werte mit stärkeren Atmungsaktivitäten verbunden. Für die Tiere der Gruppe 2 und die unbehandelten Tiere ergaben sich dagegen positive Zusammenhänge. Eine ausgeprägtere Atmungsaktivität war bei diesen Tieren mit höheren pH-Werten gekoppelt.

Zwischen der elektrischen Leitfähigkeit und dem embryonalen Sauerstoffverbrauch konnten unabhängig von den Vorbrutbedingungen ausschließlich positive Korrelationen berechnet werden. Eine erhöhte Leitfähigkeit war verbunden mit einer stärkeren pränatalen Sauerstoffaufnahme (siehe Tab. 131).

Bezüglich der Zirkularität konnten bei den Gruppen 1 und 3 sowie den unbehandelten Probanden negative Verbindungen bestimmt werden, während für die Tiere der Gruppe 2 und die behandelten Enten positive Zusammenhänge ermittelt wurden. Bei den Enten der Gruppen 1 und 3 und den nicht behandelten Tieren waren höhere Atmungsaktivitäten verbunden mit einer weniger stark ausgeprägten Zirkularität. Bei den Enten der Gruppe 2 und den behandelten Tieren war dagegen ein höherer Formfaktor mit einer stärkeren Sauerstoffaufnahme gekoppelt.

Zwischen der Anzahl der Muskelfasern pro Bildausschnitt und der embryonalen Atmungsaktivität konnten unabhängig von den Vorbrutbedingungen ausschließlich negative Korrelationen berechnet werden. Daraus folgt, dass Tiere, die eine größere Anzahl an Muskelfasern aufweisen, im Embryonalstadium geringere Mengen Sauerstoff veratmen.

Die Größe des durchschnittlichen Muskelfaserquerschnitts sowie die anderen erfassten Abmessungen der Muskelfasern waren abgesehen von den Tieren der Gruppe 1 bei den übrigen Enten positiv verbunden mit dem embryonalen Sauerstoffverbrauch. Größere Faserabmessungen waren demnach gekoppelt mit stärkeren Atmungsaktivitäten. Statistisch abzusichern waren die oben beschriebenen Korrelationen allerdings nicht (siehe Tab. 131).

Tab. 131: Korrelationen zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und dem embryonalen O<sub>2</sub>-Verbrauch weiblicher Enten bei variierenden Vorbrutbedingungen

Vorbrutbedingungen	n	pH-Wert	ELF	Form-faktor	Fläche	Faser-anzahl	Kreisdurch-messer	mittl. Sehnenlänge
Gruppe 1 (36,5 °C)	15	-0,108	0,322	-0,151	-0,146	-0,058	-0,138	-0,195
Gruppe 2 (37,5 °C)	14	0,096	0,050	0,029	0,030	-0,368	0,011	0,017
Gruppe 3 (38,5 °C)	26	-0,010	0,126	-0,077	0,381	-0,270	0,341	0,306
Halothan ja	27	-0,249	0,056	0,005	0,141	-0,149	0,120	0,109
Halothan nein	28	0,302	0,243	-0,219	0,169	-0,288	0,144	0,074

Vorbrutbedingungen	n	Umfang gesamt	Umfang innen	Umfang außen	Feret min.	Feret mittl.	Feret max.
Gruppe 1 (36,5 °C)	15	-0,084	-0,084	-0,084	-0,108	-0,196	-0,247
Gruppe 2 (37,5 °C)	14	0,026	0,026	0,025	0,059	0,056	0,051
Gruppe 3 (38,5 °C)	26	0,336	0,336	0,337	0,334	0,345	0,340
Halothan ja	27	0,113	0,113	0,112	0,126	0,099	0,078
Halothan nein	28	0,205	0,205	0,205	0,163	0,139	0,140

#### 4.9.4 Korrelationen zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und der mitochondrialen Stoffwechselaktivität unter Berücksichtigung der Vorbruttemperatur

Für die männlichen Enten der Gruppe 1 konnten zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und der mitochondrialen Stoffwechselaktivität die nachfolgend dargestellten Korrelationen berechnet werden. Die Höhe des pH-Wertes, der elektrischen Leitfähigkeit und des Formfaktors waren überwiegend positiv mit dem ADP/ O-Quotienten und dem Respiratorischen Kontrollwert verbunden, was sich für die Korrelation zwischen dem RCR-Wert und dem Formfaktor auch statistisch absichern ließ. Der mitochondriale Sauerstoffverbrauch war dagegen überwiegend negativ mit den genannten Parametern korreliert. Enten mit höheren pH-Werten, Leitfähigkeiten und Formfaktoren zeigten demnach eine effizientere oxidative Phosphorylierung, eine größere Anzahl intakter Mitochondrien und einen eingeschränkteren mitochondrialen Sauerstoffverbrauch.

Die Parameter bezüglich der Abmessungen der Muskelfasern waren bei den Enten dieser Gruppe ausschließlich negativ korreliert mit den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels. Eine höhere Stoffwechselaktivität war daher verbunden mit kleineren Faserabmessungen und demzufolge einer größeren Anzahl von Muskelfasern pro Bildausschnitt (siehe Tab. 132).

Tab. 132: Zusammenhänge zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und der mitochondrialen Atmung männlicher Enten bei 36,5 °C Vorbruttemperatur

Merkmal	n	pH-Wert	ELF	Form- faktor	Fläche	Faser- anzahl	Kreisdurch- messer	mittl. Sehnenlänge
Status 2	17	0,098	-0,012	-0,159	-0,199	0,331	-0,153	-0,186
Status 3	17	-0,034	0,009	-0,381	-0,329	0,427	-0,305	-0,379
Status 4	17	-0,120	-0,019	-0,369	-0,400	0,434	-0,370	-0,440
ADP/ O	17	0,080	0,059	0,386	-0,334	0,183	-0,296	-0,205
RCR	17	0,274	-0,465	<b>0,757***</b>	-0,036	0,368	-0,020	0,140

Merkmal	n	Umfang gesamt	Umfang innen	Umfang außen	Feret min.	Feret mittl.	Feret max.
Status 2	17	-0,104	-0,105	-0,103	-0,176	-0,132	-0,116
Status 3	17	-0,198	-0,199	-0,198	-0,295	-0,260	-0,245
Status 4	17	-0,261	-0,261	-0,261	-0,364	-0,341	-0,329
ADP/ O	17	-0,385	-0,385	-0,386	-0,331	-0,362	-0,366
RCR	17	-0,207	-0,207	-0,207	-0,019	-0,101	-0,137

Bei den weiblichen Probanden dieser Temperaturgruppe ergaben sich zwischen der Höhe des pH-Wertes, der Leitfähigkeit, dem Formfaktor sowie der Faseranzahl einerseits und dem mitochondrialen Sauerstoffverbrauch andererseits überwiegend negative Zusammenhänge. Bei diesen Tieren waren geringere pH-Werte, schwächere Leitfähigkeiten, geringere Formfaktoren und weniger Muskelfasern pro Probe verbunden mit höheren mitochondrialen Atmungsaktivitäten.

Positive Zusammenhänge ergaben sich jedoch zwischen den oben genannten Merkmalen und dem ADP/ O- Quotienten und dem RCR-Wert, was sich für den Zusammenhang zwischen dem Respiratorischen Kontrollwert und dem Formfaktor auch statistisch belegen ließ. Die Faserabmessungen waren überwiegend positiv mit der mitochondrialen Atmungsaktivität verbunden, allerdings ergaben sich durchweg negative Zusammenhänge zwischen den Faserabmessungen und der Effizienz der oxidativen Phosphorylierung und dem Respiratorischen Kontrollquotienten. Größere Muskelfasern waren demnach verbunden mit ausgeprägteren mitochondrialen Atmungsaktivitäten, einer geringeren Effizienz der oxidativen Phosphorylierung und weniger intakten Mitochondrien (siehe Tab. 133).

Tab. 133: Zusammenhänge zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und der mitochondrialen Atmung weiblicher Enten bei 36,5 °C Vorbruttemperatur

Merkmal	n	pH-Wert	ELF	Form- faktor	Fläche	Faser- anzahl	Kreisdurch- messer	mittl. Sehnenlänge
Status 2	15	-0,008	-0,068	-0,322	0,118	-0,323	0,155	0,087
Status 3	15	-0,213	0,186	-0,301	0,172	-0,436	0,190	0,125
Status 4	15	-0,002	-0,114	-0,237	-0,031	-0,227	-0,001	-0,065
ADP/ O	15	0,185	0,159	0,384	-0,134	0,140	-0,183	-0,117
RCR	15	0,170	-0,179	<b>0,654**</b>	-0,272	-0,454	-0,262	-0,110

Merkmal	n	Umfang gesamt	Umfang innen	Umfang außen	Feret min.	Feret mittl.	Feret max.
Status 2	15	0,196	0,197	0,197	0,204	0,178	0,162
Status 3	15	0,228	0,229	0,229	0,221	0,208	0,209
Status 4	15	0,045	0,046	0,046	0,052	0,022	0,002
ADP/ O	15	-0,219	-0,220	-0,220	-0,207	-0,240	-0,271
RCR	15	-0,378	-0,377	-0,378	-0,267	-0,319	-0,343



Für die männlichen Enten der Gruppe 2 ergaben sich zwischen dem pH-Wert, dem Formfaktor und dem mitochondrialen O<sub>2</sub>-Verbrauch nahezu ausschließlich negative Verbindungen, während die Höhe des ADP/ O-Quotienten und des Respiratorischen Kontrollwertes positiv mit den betreffenden Merkmalen verbunden war. Eine höhere mitochondriale Stoffwechselaktivität war demnach verbunden mit geringeren pH-Werten und Formfaktoren, mit einer effizienteren oxidativen Phosphorylierung sowie einem höheren Anteil an intakten Mitochondrien (siehe Tab. 134).

Tab. 134: Beziehungen zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und der mitochondrialen Atmung männlicher Enten bei 37,5°C Vorbruttemperatur

Merkmal	n	pH-Wert	ELF	Form-faktor	Fläche	Faser-anzahl	Kreisdurch-messer	mittl. Sehnenlänge
Status 2	19	-0,207	0,078	0,044	-0,006	-0,203	0,025	0,053
Status 3	19	-0,098	0,082	-0,018	0,005	-0,204	0,032	0,044
Status 4	19	-0,116	0,076	-0,039	-0,196	-0,021	-0,180	-0,164
ADP/ O	19	0,140	0,362	0,254	-0,056	0,021	-0,046	0,019
RCR	19	0,125	-0,545	0,526	0,204	-0,443	0,237	0,351

Merkmal	n	Umfang gesamt	Umfang innen	Umfang außen	Feret min.	Feret mittl.	Feret max.
Status 2	19	-0,019	-0,019	-0,018	0,046	-0,009	-0,017
Status 3	19	0,006	0,006	0,007	0,050	-0,016	-0,024
Status 4	19	-0,193	-0,193	-0,193	-0,165	-0,217	-0,217
ADP/ O	19	-0,125	-0,125	-0,126	-0,064	-0,085	-0,093
RCR	19	0,077	0,076	0,078	0,225	0,194	0,182

Für die weiblichen Enten der Gruppe 2 ergaben sich zwischen der mitochondrialen Stoffwechselaktivität, der Zirkularität der Muskelfasern und der elektrischen Leitfähigkeit mit Ausnahme des Zusammenhangs zwischen der Leitfähigkeit und dem Respiratorischen Kontrollquotienten ausschließlich positive Beziehungen.

Die Anzahl der Muskelfasern pro Bildausschnitt war bei den Tieren dieser Gruppe positiv mit dem mitochondrialen Sauerstoffverbrauch gekoppelt, während die Effizienz der oxidativen Phosphorylierung und die Höhe des Respiratorischen Kontrollwertes mit zunehmender Faseranzahl abnahm.

Die Höhe der post mortem erfassten pH-Werte und die Größe der Muskelfasern war dagegen ausnahmslos negativ mit den Parametern des mitochondrialen Energiestoffwechsels verbunden. Eine höhere Leitfähigkeit und eine ausgeprägtere Zirkularität der Muskelfasern waren verbunden mit zunehmenden mitochondrialen Stoffwechselaktivitäten der betreffenden Tiere.

Enten mit höheren pH-Werten und größeren Muskelfaserausmaßen zeigten hingegen eingeschränkte Stoffwechselaktivitäten, was zum Teil auch statistisch abzusichern war (siehe Tab. 135).

Tab. 135: Korrelationen zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und der mitochondrialen Atmung weiblicher Enten bei 37,5°C Vorbruttemperatur

Merkmal	n	pH-Wert	ELF	Form-faktor	Fläche	Faser-anzahl	Kreisdurch-messer	mittl. Sehnenlänge
Status 2	14	-0,028	0,498	0,193	-0,263	0,374	-0,306	-0,124
Status 3	14	-0,160	0,265	0,385	-0,378	0,207	-0,386	-0,058
Status 4	14	-0,038	0,345	0,199	-0,292	0,291	-0,326	-0,144
ADP/ O	14	<b>-0,602*</b>	0,102	0,094	-0,071	-0,068	-0,054	-0,004
RCR	14	-0,158	-0,480	<b>0,572*</b>	-0,254	-0,182	-0,234	0,177

Merkmal	n	Umfang gesamt	Umfang innen	Umfang außen	Feret min.	Feret mittl.	Feret max.
Status 2	14	-0,345	-0,346	-0,347	-0,309	-0,252	-0,330
Status 3	14	-0,499	-0,501	-0,500	-0,373	-0,381	-0,447
Status 4	14	-0,358	-0,359	-0,359	-0,338	-0,222	-0,276
ADP/ O	14	-0,073	-0,074	-0,072	-0,126	-0,049	0,091
RCR	14	-0,439	-0,439	-0,438	-0,368	-0,440	-0,366

Bei den männlichen Enten der Gruppe 3 waren die Höhe des pH-Wertes und die Zirkularität der Fasern überwiegend negativ mit den Parametern des mitochondrialen Energiestoffwechsels gekoppelt. Lediglich der Respiratorische Kontrollquotient war positiv mit den beiden genannten Parametern korreliert, was sich bei der Zirkularität auch statistisch absichern ließ.

Zwischen der elektrischen Leitfähigkeit und dem mitochondrialen Sauerstoffverbrauch in Status 2 bis 4 ergaben sich positive Korrelationen, während der ADP/ O-Quotient und der RCR-Wert negativ mit der Leitfähigkeit korreliert waren, was bei ersterem auch statistisch zu belegen war.

Die Zahl der Fasern pro Muskelprobe war mit Ausnahme des O<sub>2</sub>-Verbrauchs in Status 2 und des Anteils intakter Mitochondrien positiv mit den übrigen Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels korreliert. Die Abmessungen der Muskelfaserumfänge waren mit den Sauerstoffverbrauchswerten in Status 2-4 und dem RCR-Wert ausnahmslos negativ korreliert, hingegen konnten zum ADP/ O-Wert ausschließlich positive Zusammenhänge bestimmt werden. Größere Muskelfaserabmessungen waren hier verbunden mit geringeren Atmungsaktivitäten in Status 2-4, einer effizienteren oxidativen Phosphorylierung und einer erhöhten Anzahl intakter Mitochondrien (siehe Tab.136).

Tab. 136: Zusammenhänge zwischen der mitochondrialen Atmung und den histometrischen Merkmalen und der Fleischbeschaffenheit bei männlichen Probanden und 38,5°C Vorbruttemperatur

Merkmal	n	pH-Wert	ELF	Form-faktor	Fläche	Faser-anzahl	Kreisdurch-messer	mittl. Sehnenlänge
Status 2	27	-0,090	0,084	0,010	-0,070	-0,016	-0,079	0,074
Status 3	27	-0,245	0,315	-0,039	-0,143	0,139	-0,139	-0,132
Status 4	27	-0,196	0,164	-0,177	-0,226	0,318	-0,226	-0,091
ADP/ O	27	-0,023	<b>-0,399*</b>	-0,091	0,030	0,143	0,061	0,132
RCR	27	0,231	-0,354	<b>0,540**</b>	0,155	-0,338	0,183	0,228

Merkmal	n	Umfang gesamt	Umfang innen	Umfang außen	Feret min.	Feret mittl.	Feret max.
Status 2	27	-0,097	-0,098	-0,097	-0,110	-0,040	-0,007
Status 3	27	-0,135	-0,136	-0,135	-0,170	-0,113	-0,078
Status 4	27	-0,181	-0,182	-0,181	-0,258	-0,178	-0,134
ADP/ O	27	0,075	0,075	0,075	0,055	0,060	0,058
RCR	27	-0,022	-0,024	-0,021	0,192	0,104	0,054

Bei den weiblichen Enten der Temperaturgruppe 3 war ein höherer pH-Wert verbunden mit einer geringeren mitochondrialen Stoffwechselaktivität und einem signifikant geringeren Anteil an intakten Mitochondrien, während eine erhöhte elektrische Leitfähigkeit abgesehen vom RCR-Wert mit ausgeprägteren Stoffwechselaktivitäten verbunden war.

Ein erhöhter Formfaktor war bei den Enten dieser Gruppe gekoppelt mit geringeren Sauerstoffverbrauchswerten in Status 2-4. Eine erhöhte Zirkularität war hier jedoch verbunden mit einer stärkeren oxidativen Phosphorylierung und mehr intakten Mitochondrien. Die Faseranzahl der weiblichen Tiere der Gruppe 3 stand mit Ausnahme des ADP/ O-Quotienten mit den übrigen Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels in negativem Zusammenhang.

Die Merkmale zur Beschreibung der Größe der Muskelfasern waren ausnahmslos positiv mit der Atmungsaktivität in Status 2-4 verbunden, hingegen ergaben sich negative Korrelationen zu der Höhe des ADP/ O-Wertes sowie dem Respiratorischen Kontrollwert. Enten mit größer ausgeprägten Muskelfasern zeigten höhere Atmungsaktivitäten in Status 2-4, wiesen aber eine geringere Anzahl intakter Mitochondrien und eine weniger effiziente oxidative Phosphorylierung auf, was teilweise auch statistisch zu belegen war (siehe Tab. 137).

Tab. 137: Zusammenhänge zwischen der mitochondrialen Atmung und den histometrischen Merkmalen und der Fleischbeschaffenheit bei weiblichen Probanden und 38,5°C Vorbruttemperatur

Merkmal	n	pH-Wert	ELF	Formfaktor	Fläche	Faseranzahl	Kreisdurchmesser	mittl. Sehnenlänge
Status 2	26	-0,152	0,286	-0,244	0,189	-0,240	0,178	0,096
Status 3	26	-0,161	0,282	-0,289	0,223	-0,190	0,200	0,097
Status 4	26	-0,106	0,400	-0,264	0,168	-0,244	0,133	0,053
ADP/ O	26	-0,063	0,227	0,322	-0,320	0,159	-0,332	-0,211
RCR	26	<b>-0,400*</b>	-0,240	<b>0,680***</b>	-0,169	-0,116	-0,101	0,103

Merkmal	n	Umfang gesamt	Umfang innen	Umfang außen	Feret min.	Feret mittl.	Feret max.
Status 2	26	0,235	0,235	0,235	0,187	0,177	0,170
Status 3	26	0,281	0,281	0,281	0,199	0,216	0,222
Status 4	26	0,195	0,195	0,195	0,143	0,133	0,127
ADP/ O	26	<b>-0,419*</b>	<b>-0,420*</b>	<b>-0,419*</b>	-0,337	<b>-0,400*</b>	<b>-0,432*</b>
RCR	26	-0,302	-0,302	-0,300	-0,158	-0,142	-0,138

#### 4.9.4.1 Korrelationen zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und der mitochondrialen Stoffwechselaktivität in Bezug auf die Halothanbehandlung

Bei den halothanbehandelten männlichen Enten waren niedrigere pH-Werte und Formfaktoren gekoppelt mit ausgeprägteren Sauerstoffverbrauchswerten in Status 2-4. Die Effizienz der oxidativen Phosphorylierung und die Höhe des Respiratorischen Kontrollquotienten standen dagegen in Zusammenhang mit höheren pH-Werten und Formfaktoren.

Die elektrische Leitfähigkeit war ausschließlich negativ mit den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels korreliert, was sich beim RCR-Wert auch statistisch belegen ließ. Probanden mit stärkeren Leitfähigkeiten zeigten demnach eine eingeschränkte mitochondriale Stoffwechselaktivität.

Zwischen der Faseranzahl und den Merkmalen des mitochondrialen Sauerstoffverbrauchs konnten ausschließlich positive Beziehungen errechnet werden, was im Falle des RCR-Wertes auch statistisch zu belegen war. Tiere mit einer größeren Anzahl von Muskelfasern wiesen folglich eine höhere mitochondriale Stoffwechselaktivität auf.

Größere Ausmaße der Muskelfasern waren überwiegend verbunden mit geringeren mitochondrialen Stoffwechselaktivitäten. Tiere mit kleineren Muskelfasern zeigten demzufolge einen ausgeprägteren Energiestoffwechsel.

Statistisch signifikant war in diesem Zusammenhang allerdings nur die Beziehung zwischen der mittleren Sehnenlänge und dem O<sub>2</sub>-Verbrauch in Status 4 sowie der Faserfläche und dem Sauerstoffverbrauch in Status 4 (siehe Tab. 138).

Tab. 138: Korrelationen zwischen den Parametern der mitochondrialen Atmung, der Fleischbeschaffenheit und den histometrischen Merkmalen bei halothanbehandelten männlichen Enten

Merkmal	n	pH-Wert	ELF	Formfaktor	Fläche	Faseranzahl	Kreisdurchmesser	mittl. Sehnenlänge
Status 2	31	0,044	-0,043	-0,062	-0,146	0,342	-0,121	-0,136
Status 3	31	-0,090	-0,021	-0,136	-0,268	<b>0,533**</b>	-0,255	-0,288
Status 4	31	-0,179	-0,033	-0,212	<b>-0,360*</b>	<b>0,501**</b>	-0,342	<b>-0,389*</b>
ADP/ O	31	0,046	-0,040	0,054	-0,046	0,189	-0,032	-0,015
RCR	31	0,248	<b>-0,389*</b>	<b>0,566***</b>	-0,003	0,145	0,016	0,153

Merkmal	n	Umfang gesamt	Umfang innen	Umfang außen	Feret min.	Feret mittl.	Feret max.
Status 2	31	-0,094	-0,094	-0,093	-0,146	-0,100	-0,078
Status 3	31	-0,198	-0,198	-0,197	-0,261	-0,220	-0,197
Status 4	31	-0,263	-0,263	-0,263	-0,352	-0,308	-0,280
ADP/ O	31	-0,058	-0,058	-0,058	-0,057	-0,082	-0,088
RCR	31	-0,151	-0,152	-0,150	0,012	-0,048	-0,073

Die berechneten Korrelationen zwischen den beschriebenen Parametern bei den unbehandelten männlichen Enten entsprachen in ihrer Ausprägung größtenteils den Zusammenhängen, die schon für die behandelten Probanden berechnet und beschrieben wurden. Teilweise ließen sich die Korrelationen für die behandelten männlichen Enten statistisch absichern, was bei den unbehandelten Tieren weniger häufig der Fall war. Abweichungen ergaben sich auch bei den Zusammenhängen zwischen der elektrischen Leitfähigkeit und den Sauerstoffverbrauchswerten in Status 2-4 und den Korrelationen zwischen dem RCR-Wert und den Faserumfängen sowie den Feretabmessungen.

Bei den behandelten Enten ergaben sich in diesem Zusammenhang negative Beziehungen, während bei unbehandelten Probanden positive Korrelationen berechnet wurden. Diese Beziehungen waren jedoch weder für die behandelten noch für die unbehandelten Enten signifikant (siehe Tab. 138 u. 139).

Tab. 139: Zusammenhänge zwischen den Parametern der mitochondrialen Atmung, der Fleischbeschaffenheit und den histometrischen Merkmalen bei unbehandelten männlichen Enten

Merkmal	n	pH-Wert	ELF	Formfaktor	Fläche	Faseranzahl	Kreisdurchmesser	mittl. Sehnenlänge
Status 2	32	-0,133	0,177	-0,033	-0,031	-0,126	-0,002	0,064
Status 3	32	-0,190	0,294	-0,178	-0,022	-0,170	0,002	-0,075
Status 4	32	-0,208	0,189	-0,188	-0,137	0,056	-0,126	-0,088
ADP/ O	32	0,063	-0,082	0,174	-0,216	0,067	-0,167	0,048
RCR	32	0,093	<b>-0,481**</b>	<b>0,622***</b>	0,239	-0,289	0,268	0,287

Merkmal	n	Umfang gesamt	Umfang innen	Umfang außen	Feret min.	Feret mittl.	Feret max.
Status 2	32	-0,018	-0,018	-0,017	-0,002	-0,001	0,004
Status 3	32	0,033	0,032	0,034	0,007	-0,007	-0,001
Status 4	32	-0,091	-0,092	-0,090	-0,123	-0,121	-0,108
ADP/ O	32	-0,239	-0,239	-0,239	-0,181	-0,187	-0,190
RCR	32	0,080	0,080	0,081	0,265	0,204	0,169

Für die halothanbehandelten weiblichen Probanden wurden zwischen der Höhe des pH-Wertes und den Merkmalen des mitochondrialen Energiestoffwechsels ausschließlich negative Zusammenhänge bestimmt. Die elektrische Leitfähigkeit war mit Ausnahme des RCR-Wertes positiv mit der Stoffwechselaktivität verbunden. Auch die Höhe des Formfaktors war überwiegend positiv mit dem mitochondrialen Energiestoffwechsel verbunden, was sich beim RCR-Wert auch statistisch belegen ließ. Tiere mit geringeren pH-Werten und höheren Leitfähigkeiten und Formfaktoren zeigten demnach eine ausgeprägtere Stoffwechselaktivität. Zwischen der Anzahl der Muskelfasern pro Bildausschnitt und den Merkmalen des Energiestoffwechsels ergaben sich größtenteils negative Zusammenhänge. Lediglich die Effizienz der oxidativen Phosphorylierung stand hier in positivem Zusammenhang mit der Faseranzahl.

Die Größe der Faserabmessungen war vorwiegend positiv mit den Sauerstoffverbrauchswerten in Status 2-4 korreliert. Die Effizienz der oxidativen Phosphorylierung und der Respiratorische Kontrollquotient waren dagegen nahezu ausschließlich negativ mit der Größe der Muskelfasern verbunden. Tiere mit größeren Muskelfasern wiesen demnach in Status 2-4 eine höhere Atmungsaktivität auf, zeigten aber eine weniger effiziente oxidative Phosphorylierung und eine geringere Anzahl intakter Mitochondrien (siehe Tab. 140).

Tab. 140: Korrelationen zwischen den Parametern der mitochondrialen Atmung, der Fleischbeschaffenheit und den histometrischen Merkmalen bei halothanbehandelten weiblichen Enten

Merkmal	n	pH-Wert	ELF	Formfaktor	Fläche	Faseranzahl	Kreisdurchmesser	mittl. Sehnenlänge
Status 2	27	-0,297	0,127	-0,049	0,133	-0,219	0,164	0,160
Status 3	27	-0,309	0,120	0,108	0,048	-0,129	0,069	0,123
Status 4	27	-0,243	0,072	0,036	0,033	-0,190	0,060	0,091
ADP/ O	27	-0,120	0,101	0,287	-0,282	0,199	-0,319	-0,216
RCR	27	-0,064	-0,223	<b>0,593***</b>	-0,004	-0,150	0,006	0,215

Merkmal	n	Umfang gesamt	Umfang innen	Umfang außen	Feret min.	Feret mittl.	Feret max.
Status 2	27	0,129	0,129	0,130	0,175	0,134	0,123
Status 3	27	-0,005	-0,006	-0,005	0,052	0,024	0,017
Status 4	27	0,005	0,005	0,006	0,063	0,025	0,019
ADP/ O	27	-0,366	-0,366	-0,366	-0,349	-0,355	-0,355
RCR	27	-0,206	-0,206	-0,204	-0,071	-0,081	-0,097

Ähnlich wie bei den männlichen Probanden unterschieden sich die berechneten Korrelationen zwischen beschriebenen Merkmalen nur unwesentlich. Die Zusammenhänge zwischen dem Respiratorischen Kontrollquotienten und den Faserumfängen ließen sich bei den unbehandelten Tieren statistisch belegen, was bei den behandelten Tieren nicht möglich war (siehe Tab. 141).

Tab. 141: Korrelationen zwischen den Parametern der mitochondrialen Atmung, der Fleischbeschaffenheit und den histometrischen Merkmalen bei unbehandelten weiblichen Enten

Merkmal	n	pH-Wert	ELF	Formfaktor	Fläche	Faseranzahl	Kreisdurchmesser	mittl. Sehnenlänge
Status 2	28	0,198	0,249	-0,301	0,063	-0,118	0,039	-0,052
Status 3	28	-0,054	0,292	-0,345	0,186	-0,201	0,165	0,059
Status 4	28	0,122	0,334	-0,312	0,025	-0,088	-0,018	-0,111
ADP/ O	28	-0,179	0,187	0,219	-0,042	0,029	-0,047	0,017
RCR	28	-0,257	-0,346	<b>0,730***</b>	-0,353	-0,276	-0,288	-0,080

Merkmal	n	Umfang gesamt	Umfang innen	Umfang außen	Feret min.	Feret mittl.	Feret max.
Status 2	28	0,118	0,118	0,117	0,072	0,102	0,065
Status 3	28	0,245	0,245	0,245	0,190	0,227	0,212
Status 4	28	0,068	0,069	0,067	0,013	0,052	0,016
ADP/ O	28	-0,104	-0,105	-0,103	-0,067	-0,105	-0,104
RCR	28	<b>-0,458*</b>	<b>-0,458*</b>	<b>-0,458*</b>	-0,314	-0,345	-0,322

#### 4.9.5 Korrelationen zwischen den histometrischen Parametern, der Fleischbeschaffenheit und den Organgewichten

Um zu zeigen, ob sich die entsprechenden Zusammenhänge bei unterschiedlichen Vorbrutbedingungen deutlicher hervorheben lassen, wurden diese bei der Berechnung der Korrelationen zwischen den oben genannten Merkmalen berücksichtigt. Die Darstellung erfolgt überdies nach Geschlechtern getrennt, da das Geschlecht einen höchstsignifikanten Einfluss auf die betreffenden Organgewichte hatte.

##### 4.9.5.1 Zusammenhänge zwischen den histometrischen Parametern, der Fleischbeschaffenheit und den erfassten Herzgewichten in Abhängigkeit von der Vorbruttemperatur

Zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und den Herzgewichten (absolut und relativ) der männlichen Probanden der Gruppe 1 konnten abgesehen von der Leitfähigkeit und der Faseranzahl nur positive Korrelationen bestimmt werden. Im Vergleich dazu ergaben sich bei den weiblichen Enten dieser Gruppe mit Ausnahme der Verbindungen zu der Höhe des pH-Wertes und dem Formfaktor nur negative Korrelationen, wobei jene Verbindungen statistisch signifikant waren. Männliche Enten mit höheren Herzgewichten zeigten auch stärker ausgeprägte histometrische Merkmale und höhere pH-Werte. Bei den weiblichen Tieren war hier abgesehen vom pH-Wert und vom Formfaktor das Gegenteil der Fall (siehe Tab. 142).

Tab. 142: Korrelationen zwischen den Herzgewichten (absolut und relativ), der Fleischbeschaffenheit und den histometrischen Merkmalen bei einer Vorbruttemperatur von 36,5 °C

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	Herzgew. (absolut)	Herzgew. (relativ)	n	Herzgew. (absolut)	Herzgew. (relativ)
pH-Wert	17	0,084	0,173	15	<b>0,611*</b>	0,482
ELF	17	-0,334	-0,214	15	-0,150	-0,019
Formfaktor	17	0,390	0,351	15	<b>0,750***</b>	0,439
Fläche	17	0,341	0,113	15	-0,253	-0,165
Faseranzahl	17	-0,105	0,191	15	-0,412	-0,354
Kreisdurchmesser	17	0,406	0,178	15	-0,214	-0,112
mittl. Sehnenlänge	17	0,471	0,241	15	-0,026	-0,005
Umfang gesamt	17	0,300	0,089	15	-0,364	-0,201
Umfang innen	17	0,300	0,089	15	-0,364	-0,202
Umfang außen	17	0,300	0,089	15	-0,364	-0,202
Feret min.	17	0,392	0,183	15	-0,249	-0,133
Feret mittl.	17	0,380	0,159	15	-0,260	-0,142
Feret max.	17	0,367	0,142	15	-0,263	-0,155



Ähnlich wie bei den männlichen Tieren der Gruppe 1 wurden auch bei den männlichen Probanden der Gruppe 2 positive Beziehungen zwischen den beschriebenen Merkmalen errechnet. Höhere Organgewichte waren absolut wie auch im Verhältnis zur Körpermasse verbunden mit stärker ausgeprägten histometrischen Parametern, erhöhten pH-Werten und Leitfähigkeiten. Lediglich die Anzahl der Muskelfasern pro Bildausschnitt war mit geringeren Herzgewichten verbunden.

Bei den weiblichen Enten dieser Temperaturgruppe waren die genannten Merkmale analog zur Gruppe 1 ebenfalls überwiegend negativ mit den absoluten Herzgewichten verbunden. Abgesehen von der Höhe des pH-Wertes, des Formfaktors, der Leitfähigkeit, der mittleren Sehnenlänge und der Faseranzahl waren die übrigen, die Abmessung der Muskelfasern beschreibenden Parameter negativ mit den absoluten Herzgewichten korreliert. Dagegen ergaben sich überwiegend positive Zusammenhänge zwischen den histometrischen Merkmalen und den Herzgewichten im Verhältnis zur Körpermasse. Hier standen lediglich die Ausmaße der Faserumfänge sowie der durchschnittliche und maximale Feret negativ mit dem relativen Herzgewicht in Verbindung. Danach waren bei den weiblichen Tieren größere Muskelfaserabmessungen überwiegend verbunden mit geringeren Herzgewichten, während ein ausgeprägterer pH-Wert, eine stärkere Leitfähigkeit und eine höhere Zirkularität der Muskelfasern mit größeren Herzgewichten verbunden waren (siehe Tab. 143).

Tab. 143: Zusammenhänge zwischen den Herzgewichten (absolut und relativ), der Fleischbeschaffenheit und den histometrischen Merkmalen bei einer Vorbruttemperatur von 37,5 °C

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	Herzgew. (absolut)	Herzgew. (relativ)	n	Herzgew. (absolut)	Herzgew. (relativ)
pH-Wert	19	0,088	0,257	14	0,095	0,131
ELF	19	0,246	0,034	14	0,266	0,083
Formfaktor	19	0,001	0,150	14	0,144	0,193
Fläche	19	0,347	0,255	14	-0,046	0,174
Faseranzahl	19	-0,351	-0,225	14	0,134	0,155
Kreisdurchmesser	19	0,376	0,278	14	-0,065	0,154
mittl. Sehnenlänge	19	0,328	0,275	14	0,078	0,317
Umfang gesamt	19	0,405	0,259	14	-0,151	-0,015
Umfang innen	19	0,406	0,260	14	-0,151	-0,015
Umfang außen	19	0,406	0,259	14	-0,152	-0,015
Feret min.	19	0,397	0,291	14	-0,015	0,183
Feret mittl.	19	0,379	0,296	14	-0,179	-0,059
Feret max.	19	0,373	0,302	14	-0,289	-0,210

Bei den männlichen Tieren der Temperaturgruppe 3 waren höhere Herzgewichte (absolut und relativ) überwiegend verbunden mit stärker ausgeprägten histometrischen Parametern, während höhere pH-Werte und Leitfähigkeiten sowie die Faseranzahl verbunden waren mit geringeren Herzgewichten. Dies ließ sich für die absoluten Herzgewichte zum Teil auch statistisch absichern.

Bei den weiblichen Tieren ergaben sich im Vergleich zu den männlichen Enten ähnlich gerichtete Korrelationen (siehe Tab.144).

Tab. 144: Beziehungen zwischen den Herzgewichten (absolut und relativ), der Fleischbeschaffenheit und den histometrischen Merkmalen bei einer Vorbruttemperatur von 38,5 °C

Merkmal	männlich			weiblich		
	n	Herzgew. (absolut)	Herzgew. (relativ)	n	Herzgew. (absolut)	Herzgew. (relativ)
pH-Wert	27	-0,038	-0,070	26	-0,188	-0,296
ELF	27	-0,373	-0,285	26	0,224	0,196
Formfaktor	27	<b>0,402*</b>	0,341	26	<b>-0,436*</b>	-0,217
Fläche	27	0,250	0,004	26	0,205	0,108
Faseranzahl	27	-0,216	-0,031	26	-0,080	0,051
Kreisdurchmesser	27	0,298	0,038	26	0,153	0,081
mittl. Sehnenlänge	27	<b>0,394*</b>	0,086	26	0,022	0,013
Umfang gesamt	27	0,150	-0,097	26	0,275	0,146
Umfang innen	27	0,149	-0,097	26	0,276	0,146
Umfang außen	27	0,151	-0,096	26	0,275	0,145
Feret min.	27	0,301	0,058	26	0,185	0,093
Feret mittl.	27	0,247	-0,022	26	0,181	0,122
Feret max.	27	0,211	-0,059	26	0,182	0,136

#### 4.9.6 Zusammenhänge zwischen den histometrischen Parametern, der Fleischbeschaffenheit und den erfassten Lebergewichten in Abhängigkeit von der Vorbruttemperatur

Zusätzlich zu den bestimmten Zusammenhängen zwischen den Herzgewichten und den die Histometrie und die Fleischbeschaffenheit betreffenden Merkmalen wurden die Korrelationen zwischen diesen und den Lebergewichten (absolut und relativ) ebenfalls nach Geschlechtern getrennt für die einzelnen Temperaturgruppen berechnet.

Bei der Betrachtung der Beziehungen zwischen der Höhe des absoluten Lebergewichts und der Ausprägung der Muskelfasern ergaben sich bei den männlichen Tieren der Gruppe 1 ausschließlich positive Zusammenhänge. Größere Faserabmessungen waren hier gekoppelt mit höheren Lebergewichten. Dagegen bestand ein negativer Zusammenhang zwischen der

Höhe des pH-Wertes, der elektrischen Leitfähigkeit, der Zirkularität, der Anzahl der erfassten Muskelfasern und den absoluten Lebergewichten. Bei den Lebergewichten in Relation zum Körpergewicht ergaben sich in diesem Zusammenhang lediglich negative Beziehungen zu dem Formfaktor und der Faseranzahl (siehe Tab. 145). Männliche Enten der Gruppe 3 mit höheren relativen Lebergewichten zeigten demnach post mortem tiefere pH-Werte und weniger Muskelfasern pro Bildausschnitt.

Bei den weiblichen Tieren ergaben sich in diesem Zusammenhang abgesehen von der Zirkularität ausschließlich negative Beziehungen zwischen den genannten Merkmalen. Eine stärkere Ausprägung der betreffenden Merkmale war hier verbunden mit geringeren Lebergewichten (siehe Tab. 145).

Tab. 145: Zusammenhänge zwischen den Lebergewichten (absolut u. relativ), der Fleischbeschaffenheit und den histometrischen Merkmalen bei einer Vorbruttemperatur von 36,5 °C

Merkmal	n	männlich		n	weiblich	
		Lebergew. (absolut)	Lebergew. (relativ)		Lebergew. (absolut)	Lebergew. (relativ)
pH-Wert	17	-0,048	0,027	15	-0,001	-0,029
ELF	17	-0,084	0,038	15	-0,354	-0,395
Formfaktor	17	-0,079	-0,162	15	0,372	0,296
Fläche	17	0,315	0,116	15	-0,445	-0,489
Faseranzahl	17	-0,424	-0,261	15	-0,186	-0,213
Kreisdurchmesser	17	0,298	0,085	15	-0,442	-0,475
mittl. Sehnenlänge	17	0,279	0,056	15	-0,377	-0,438
Umfang gesamt	17	0,307	0,119	15	-0,476	-0,487
Umfang innen	17	0,307	0,119	15	-0,476	-0,486
Umfang außen	17	0,307	0,118	15	-0,475	-0,487
Feret min.	17	0,304	0,110	15	-0,432	-0,454
Feret mittl.	17	0,306	0,105	15	-0,440	-0,466
Feret max.	17	0,302	0,099	15	-0,424	-0,455

Für die männlichen Tiere der Temperaturgruppe 2 wurden zwischen dem schon beschriebenen Merkmalskomplex und den erfassten Lebergewichten abgesehen von der Faseranzahl überwiegend negative Verbindungen bestimmt, wobei die Ausmaße der Muskelfasern mit den absoluten wie auch relativen Lebergewichten zum Teil signifikant bis hochsignifikant negativ korreliert waren. Tiere mit größeren Muskelfaserabmessungen wiesen demnach ein niedrigeres absolutes und auch relatives Lebergewicht auf. Zwischen der Höhe des pH-Wertes, der Leitfähigkeit, der Zirkularität und den Lebergewichten, absolut und relativ betrachtet, ergaben sich Zusammenhänge mit wechselnden Vorzeichen, die aber statistisch nicht abzusichern waren. Niedrigere pH-Werte und Formfaktoren sowie stärkere Leitfähigkeiten waren korreliert mit geringeren absoluten Lebergewichten, während

entgegengesetzt gerichtete Zusammenhänge zwischen dem relativen Lebergewicht und den genannten Parametern ermittelt werden konnten.

Für die weiblichen Enten dieser Gruppe konnten bei der Betrachtung der Korrelationen zwischen dem beschriebenen Merkmalskomplex und den absoluten Lebergewichten ähnliche Zusammenhänge wie schon für die männlichen Probanden bestimmt werden. Im Gegensatz dazu wurden Beziehungen mit wechselnden Vorzeichen zwischen den genannten Parametern und dem Lebergewicht in Relation zum Körpergewicht errechnet (siehe Tab. 146).

Tab. 146: Korrelationen zwischen den Lebergewichten (absolut und relativ), der Fleischbeschaffenheit und den histometrischen Merkmalen bei einer Vorbruttemperatur von 37,5 °C

Merkmal	n	männlich		n	weiblich	
		Lebergew. (absolut)	Lebergew. (relativ)		Lebergew. (absolut)	Lebergew. (relativ)
pH-Wert	19	-0,116	0,043	14	0,077	0,131
ELF	19	0,079	-0,059	14	0,036	-0,035
Formfaktor	19	-0,024	0,127	14	-0,108	-0,138
Fläche	19	<b>-0,354*</b>	-0,522	14	-0,157	-0,033
Faseranzahl	19	0,293	<b>0,558*</b>	14	-0,281	-0,297
Kreisdurchmesser	19	<b>-0,367*</b>	-0,548	14	-0,174	-0,062
mittl. Sehnenlänge	19	<b>-0,345**</b>	-0,479	14	-0,257	-0,179
Umfang gesamt	19	<b>-0,366**</b>	-0,591	14	-0,056	0,045
Umfang innen	19	<b>-0,366**</b>	-0,592	14	-0,056	0,045
Umfang außen	19	<b>-0,365**</b>	-0,591	14	-0,057	0,044
Feret min.	19	<b>-0,400**</b>	-0,598	14	-0,187	-0,089
Feret mittl.	19	<b>-0,403**</b>	-0,582	14	-0,034	0,050
Feret max.	19	<b>-0,407*</b>	-0,574	14	0,041	0,106

Im Vergleich zu den männlichen Tieren der Gruppe 2 waren bei den männlichen Enten der Gruppe 3 größere Muskelfaserabmessungen mit Ausnahme der Fläche und des Kreisdurchmessers verbunden mit ausgeprägteren absoluten Lebergewichten. Höhere pH-Werte, Leitfähigkeiten und eine ausgeprägtere Zirkularität standen dagegen in negativem Zusammenhang mit den absoluten Lebergewichten. Im Gegensatz zu der absoluten Lebermasse waren die relativen Lebergewichte ausnahmslos negativ mit dem pH-Wert, der Leitfähigkeit und den histometrischen Parameter abgesehen von der Anzahl der Fasern pro Bildausschnitt korreliert (siehe Tab.147).

Tab. 147: Korrelationen zwischen den Lebergewichten (absolut und relativ), den histometrischen Merkmalen, sowie der Fleischbeschaffenheit bei einer Vorbruttemperatur von 38,5 °C

Merkmal	n	männlich		n	weiblich	
		Lebergew. (absolut)	Lebergew. (relativ)		Lebergew. (absolut)	Lebergew. (relativ)
pH-Wert	27	-0,237	-0,334	26	0,186	0,155
ELF	27	-0,289	-0,290	26	-0,089	-0,205
Formfaktor	27	-0,088	-0,194	26	-0,040	0,162
Fläche	27	-0,071	-0,370	26	0,046	-0,102
Faseranzahl	27	-0,103	0,064	26	-0,151	-0,056
Kreisdurchmesser	27	-0,032	-0,334	26	0,051	-0,066
mittl. Sehnenlänge	27	0,134	-0,155	26	0,048	-0,008
Umfang gesamt	27	0,013	-0,259	26	0,053	-0,111
Umfang innen	27	0,011	-0,260	26	0,053	-0,110
Umfang außen	27	0,012	-0,259	26	0,053	-0,111
Feret min.	27	-0,060	-0,355	26	0,044	-0,095
Feret mittl.	27	0,012	-0,280	26	0,001	-0,116
Feret max.	27	0,029	-0,255	26	-0,012	-0,116

#### 4.9.6.1 Korrelationen zwischen dem Herzgewicht (absolut und relativ), der Fleischbeschaffenheit und den histometrischen Parametern in Verbindung mit der Halothanbehandlung

Um zu zeigen, inwieweit sich die bestimmten Zusammenhänge zwischen der Histometrie, der Fleischbeschaffenheit und den Herzgewichten (absolut und relativ) durch die Halothanwirkung unterscheiden, wurden diese Zusammenhänge für behandelte und unbehandelte Tiere getrennt berechnet. Dabei ergaben sich bei den männlichen Enten nur dahingehend Unterschiede, dass sich die berechneten Korrelationen bei den unbehandelten Tieren in stärkerem Maße absichern ließen. Während der pH-Wert, die Anzahl der Fasern und die elektrische Leitfähigkeit behandlungsunabhängig negativ gekoppelt waren mit höheren Herzgewichten (absolut und relativ), waren die Form und Größe der Muskelfasern beschreibenden Merkmale bei behandelten und unbehandelten Tieren ausnahmslos positiv verbunden mit erhöhten Herzgewichten (absolut und relativ). Dies ließ sich zum Teil auch statistisch belegen (siehe Tab. 148 u. 149).

Im Vergleich zu den männlichen Enten wurden bei den weiblichen Probanden unterschiedlich ausgerichtete Korrelationen für behandelte und unbehandelte Enten zwischen den beschriebenen Merkmalskomplexen ermittelt. Größere Abmessungen der Fasern waren bei behandelten Tieren mit Ausnahme der Umfänge und des minimalen Ferets gekoppelt mit abnehmenden absoluten Herzgewichten, während die Ausmaße der Fasern bei unbehandelten Probanden mit Ausnahme der Faserumfänge und des maximalen Ferets in positivem

Zusammenhang mit den absoluten Lebergewichten standen. Die Höhe des pH-Wertes und der Leitfähigkeit waren behandlungsunabhängig gekoppelt mit zunehmenden absoluten wie auch relativen Herzgewichten. Dagegen ergaben sich zwischen den histometrischen Merkmalen bei den behandelten weiblichen Tieren ausnahmslos negative Korrelationen, während bei den unbehandelten Tieren ausschließlich positive Zusammenhänge zwischen diesen Merkmalen ermittelt werden konnten. Bei behandelten Enten waren größere Fasern mit ausgeprägterer Zirkularität verbunden mit geringeren relativen Lebergewichten. Bei den unbehandelten Enten war hier das Gegenteil der Fall (siehe Tab. 148 u. 149).

Tab. 148: Korrelationen zwischen den Herzgewichten (absolut und relativ), der Fleischbeschaffenheit und den histometrischen Merkmalen bei halothanbehandelten Enten

Merkmal	n	männlich		n	weiblich	
		Herzgew. (absolut)	Herzgew. (relativ)		Herzgew. (absolut)	Herzgew. (relativ)
pH-Wert	31	0,040	-0,016	27	0,166	0,038
ELF	31	-0,182	-0,179	27	0,243	0,325
Formfaktor	31	<b>0,362*</b>	0,355	27	-0,185	-0,187
Fläche	31	0,333	0,074	27	-0,008	-0,179
Faseranzahl	31	-0,214	0,081	27	0,037	0,278
Kreisdurchmesser	31	<b>0,383*</b>	0,126	27	-0,017	-0,204
mittl. Sehnenlänge	31	<b>0,443*</b>	0,194	27	-0,072	-0,263
Umfang gesamt	31	0,284	0,031	27	0,043	-0,114
Umfang innen	31	0,284	0,031	27	0,043	-0,114
Umfang außen	31	0,285	0,032	27	0,043	-0,115
Feret min.	31	<b>0,384*</b>	0,130	27	0,005	-0,191
Feret mittl.	31	0,338	0,114	27	-0,034	-0,213
Feret max.	31	0,313	0,106	27	-0,054	-0,224

Tab. 149: Beziehungen zwischen den Herzgewichten (absolut und relativ), der Fleischbeschaffenheit und den histometrischen Merkmalen bei unbehandelten Enten

Merkmal	n	männlich		n	weiblich	
		Herzgew. (absolut)	Herzgew. (relativ)		Herzgew. (absolut)	Herzgew. (relativ)
pH-Wert	32	-0,042	-0,005	28	0,036	0,117
ELF	32	-0,147	-0,144	28	0,078	0,043
Formfaktor	32	0,155	0,196	28	0,203	0,253
Fläche	32	0,334	0,229	28	0,072	0,174
Faseranzahl	32	-0,188	-0,104	28	-0,258	-0,291
Kreisdurchmesser	32	<b>0,377*</b>	0,252	28	0,036	0,203
mittl. Sehnenlänge	32	<b>0,350*</b>	0,171	28	0,111	0,291
Umfang gesamt	32	<b>0,355*</b>	0,216	28	-0,041	0,100
Umfang innen	32	<b>0,355*</b>	0,217	28	-0,041	0,100
Umfang außen	32	<b>0,355*</b>	0,217	28	-0,041	0,099
Feret min.	32	<b>0,389*</b>	0,274	28	0,040	0,211
Feret mittl.	32	<b>0,390*</b>	0,250	28	0,019	0,170
Feret max.	32	<b>0,383*</b>	0,237	28	-0,004	0,123

#### 4.9.6.2 Beziehungen zwischen dem Lebergewicht (absolut und relativ), der Fleischbeschaffenheit und den histometrischen Merkmalen in Verbindung mit der Halothanbehandlung

Bei der Betrachtung der genannten Korrelationen in Abhängigkeit von der Halothanbehandlung wurden die nachfolgend dargestellten Unterschiede bestimmt. Bei den behandelten männlichen Tieren ergaben sich im Gegensatz zu den unbehandelten positive Zusammenhänge zwischen den Abmessungen der Muskelfasern und den absoluten Lebergewichten. Bei den unbehandelten männlichen Enten wurden dagegen überwiegend negative Beziehungen bestimmt. Bezüglich der relativen Lebergewichte konnten keine unterschiedlich gerichteten, sondern ausschließlich negative Verbindungen bestimmt werden. Jedoch ließen sich die bestimmten Zusammenhänge bei den unbehandelten Enten teilweise statistisch absichern.

Für die weiblichen Enten konnten in diesem Zusammenhang ähnliche Beziehungen bestimmt werden, die sich allerdings nur für die Faseranzahl statistisch belegen ließen. Hier war lediglich die Korrelation zwischen der Faseranzahl und dem absoluten Lebergewicht signifikant (siehe Tab. 150 u. Tab. 151).

Tab. 150: Korrelationen zwischen den Lebergewichten (absolut und relativ), der Fleischbeschaffenheit und den histometrischen Merkmalen und bei halothan-behandelten Enten

Merkmal	n	männlich		n	weiblich	
		Lebergew. (absolut)	Lebergew. (relativ)		Lebergew. (absolut)	Lebergew. (relativ)
pH-Wert	31	-0,008	-0,043	27	0,263	0,245
ELF	31	-0,081	-0,064	27	-0,226	-0,225
Formfaktor	31	-0,062	-0,113	27	-0,138	-0,196
Fläche	31	0,097	-0,156	27	0,048	-0,112
Faseranzahl	31	-0,376	-0,220	27	<b>-0,414*</b>	-0,312
Kreisdurchmesser	31	0,084	-0,176	27	0,064	-0,109
mittl. Sehnenlänge	31	0,074	-0,187	27	0,017	-0,181
Umfang gesamt	31	0,093	-0,152	27	0,101	-0,024
Umfang innen	31	0,093	-0,152	27	0,101	-0,023
Umfang außen	31	0,093	-0,152	27	0,100	-0,024
Feret min.	31	0,088	-0,171	27	0,076	-0,098
Feret mittl.	31	0,070	-0,163	27	0,094	-0,062
Feret max.	31	0,057	-0,161	27	0,105	-0,040

Tab. 151: Beziehungen zwischen den Lebergewichten (absolut und relativ), der Fleischbeschaffenheit und den histometrischen Merkmalen bei nicht halothanisierten Enten

Merkmal	n	männlich		n	weiblich	
		Lebergew. (absolut)	Lebergew. (relativ)		Lebergew. (absolut)	Lebergew. (relativ)
pH-Wert	32	-0,126	-0,131	28	-0,080	-0,022
ELF	32	-0,111	-0,100	28	-0,081	-0,150
Formfaktor	32	-0,074	-0,049	28	0,223	0,366
Fläche	32	-0,199	<b>-0,375*</b>	28	-0,278	-0,323
Faseranzahl	32	0,147	0,323	28	0,015	-0,034
Kreisdurchmesser	32	-0,181	<b>-0,379*</b>	28	-0,305	-0,309
mittl. Sehnenlänge	32	0,052	-0,166	28	-0,245	-0,209
Umfang gesamt	32	-0,173	<b>-0,382*</b>	28	-0,331	-0,372
Umfang innen	32	-0,174	<b>-0,383*</b>	28	-0,331	-0,371
Umfang außen	32	-0,173	<b>-0,382*</b>	28	-0,331	-0,371
Feret (min.)	32	-0,220	<b>-0,413*</b>	28	-0,326	-0,335
Feret (mittl.)	32	-0,172	<b>-0,383*</b>	28	-0,319	-0,339
Feret (max.)	32	-0,159	<b>-0,371*</b>	28	-0,291	-0,322

#### 4.9.7 Korrelationen zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und der Entwicklung der Körpermasse

Um zu zeigen, wie die histometrischen Parameter und die Fleischbeschaffenheit mit den Körpergewichten in den einzelnen Altersabschnitten korreliert sind, werden diese Zusammenhänge nachfolgend dargestellt. Da die Gewichtsentwicklung signifikant von den Faktoren Geschlecht, Halothanbehandlung und der Höhe der Vorbruttemperatur beeinflusst wird, erfolgt die Darstellung der berechneten Zusammenhänge für die einzelnen Vorbrutbedingungen nach Geschlechtern getrennt.

##### 4.9.7.1 Beziehungen zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und der Entwicklung der Körpermasse in Abhängigkeit von der Vorbruttemperatur

Für die männlichen Enten der Gruppe 1 war ein höherer pH-Wert, eine bessere Leitfähigkeit, eine erhöhte Zirkularität und eine größere Anzahl an Muskelfasern insbesondere zum Ende der Mast überwiegend mit eingeschränkteren Gewichtszuwächsen verbunden, wobei die Verbindungen zwischen der Faserzahl und den Gewichtszuwächsen teilweise signifikant bis hochsignifikant waren. Die Größe der Faserabmessungen stand dagegen größtenteils mit höheren Körpergewichten in Verbindung (siehe Tab. 152).



Tab. 152: Korrelationen zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und der Gewichtsentwicklung männlicher Enten bei einer Vorbruttemperatur von 36,5 °C

Gewicht	n	pH-Wert	ELF	Form-faktor	Fläche	Faser-anzahl	Kreisdurch-messer	mittl. Sehnenlänge
Schlupfgewicht	17	-0,302	0,034	<b>-0,498*</b>	0,143	-0,417	0,152	0,041
Gewicht 2. Woche	17	0,388	-0,077	-0,217	-0,100	-0,137	-0,096	-0,140
Gewicht 4. Woche	17	0,097	-0,047	-0,294	0,045	<b>-0,483*</b>	0,057	-0,008
Gewicht 6. Woche	17	0,064	-0,021	-0,286	0,040	<b>-0,490*</b>	0,049	-0,013
Gewicht 8. Woche	17	-0,114	-0,266	-0,154	0,118	<b>-0,522*</b>	0,130	0,094
Gewicht 10. Woche	17	-0,119	-0,252	-0,156	0,115	<b>-0,526*</b>	0,126	0,089
Gewicht 12. Woche	17	-0,191	-0,083	-0,163	0,415	<b>-0,677**</b>	0,435	0,389
Gewicht 14. Woche	17	-0,134	-0,242	0,126	0,433	<b>-0,677*</b>	0,444	0,458

Gewicht	n	Umfang gesamt	Umfang innen	Umfang außen	Feret min.	Feret mittl.	Feret max.
Schlupfgewicht	17	0,273	0,271	0,273	0,119	0,269	0,332
Gewicht 2. Woche	17	-0,045	-0,044	-0,044	-0,114	-0,043	-0,013
Gewicht 4. Woche	17	0,126	0,126	0,127	0,022	0,112	0,150
Gewicht 6. Woche	17	0,115	0,114	0,116	0,012	0,100	0,138
Gewicht 8. Woche	17	0,166	0,165	0,167	0,102	0,174	0,199
Gewicht 10. Woche	17	0,162	0,161	0,162	0,097	0,169	0,194
Gewicht 12. Woche	17	0,461	0,460	0,462	0,395	0,458	0,480
Gewicht 14. Woche	17	0,400	0,399	0,400	0,411	0,425	0,428

Bei der Betrachtung der weiblichen Tiere dieser Temperaturgruppe ergaben sich im Vergleich zu den männlichen Enten nahezu gegensätzliche Korrelationen zwischen den beschriebenen Merkmalen. Lediglich die Zusammenhänge zwischen dem pH-Wert und der Lebendmasseentwicklung der weiblichen Enten waren ähnlich gerichtet. Eine bessere Leitfähigkeit, ein höherer Formfaktor und eine größere Anzahl an Muskelfasern war gekoppelt mit ausgeprägteren Körpergewichten. Die Größe der Muskelfasern war bei diesen Tieren ausschließlich mit einer eingeschränkteren Gewichtsentwicklung verbunden (siehe Tab. 153).

Tab. 153: Korrelationen zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und der Lebendmasseentwicklung weiblicher Enten bei 36,5 °C Vorbruttemperatur

Gewicht	n	pH-Wert	ELF	Form-faktor	Fläche	Faser-anzahl	Kreisdurch-messer	mittl. Sehnenlänge
Schlupfgewicht	15	-0,094	0,444	0,011	-0,291	0,249	-0,321	-0,351
Gewicht 2. Woche	15	-0,268	0,008	0,046	-0,452	0,201	-0,459	-0,491
Gewicht 4. Woche	15	-0,066	0,094	0,148	-0,341	0,073	-0,326	-0,313
Gewicht 6. Woche	15	-0,074	0,093	0,149	-0,344	0,077	-0,329	-0,317
Gewicht 8. Woche	15	-0,131	0,104	0,118	-0,314	0,033	-0,313	-0,307
Gewicht 10. Woche	15	-0,142	0,101	0,118	-0,313	0,041	-0,314	-0,308
Gewicht 12. Woche	15	0,120	-0,127	0,257	-0,096	0,081	-0,114	-0,047
Gewicht 14. Woche	15	0,111	-0,146	0,360	-0,147	-0,014	-0,168	-0,076

Gewicht	n	Umfang gesamt	Umfang innen	Umfang außen	Feret min.	Feret mittl.	Feret max.
Schlupfgewicht	15	-0,276	-0,276	-0,277	-0,310	-0,365	-0,394
Gewicht 2. Woche	15	-0,409	-0,409	-0,410	-0,452	-0,447	-0,423
Gewicht 4. Woche	15	-0,323	-0,322	-0,323	-0,325	-0,315	-0,293
Gewicht 6. Woche	15	-0,326	-0,325	-0,326	-0,329	-0,319	-0,296
Gewicht 8. Woche	15	-0,302	-0,302	-0,302	-0,297	-0,323	-0,319
Gewicht 10. Woche	15	-0,302	-0,302	-0,302	-0,298	-0,323	-0,317
Gewicht 12. Woche	15	-0,161	-0,161	-0,161	-0,130	-0,117	-0,100
Gewicht 14. Woche	15	-0,232	-0,232	-0,232	-0,185	-0,182	-0,166

Die für die männlichen Tiere der Gruppe 2 berechneten Beziehungen unterschieden sich nur unwesentlich von den schon beschriebenen Zusammenhängen der Gruppe 1. Bei Gruppe 2 wichen lediglich die errechneten Zusammenhänge zwischen der Leitfähigkeit und der Gewichtsentwicklung ab. Bei den männlichen Tieren der Gruppe 2 war die Leitfähigkeit zum Teil signifikant bis hochsignifikant positiv mit der Gewichtsentwicklung verbunden. Eine ausgeprägtere elektrische Leitfähigkeit war danach mit einer höheren Lebendmasseentwicklung gekoppelt (siehe Tab. 154).

Tab. 154: Korrelationen zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und der Gewichtsentwicklung männlicher Enten bei einer Vorbruttemperatur von 37,5 °C

Gewicht	n	pH-Wert	ELF	Form- faktor	Fläche	Faser- anzahl	Kreisdurch- messer	mittl. Sehnenlänge
Schlupfgewicht	19	-0,338	<b>0,538*</b>	-0,374	0,048	-0,146	0,041	-0,044
Gewicht 2. Woche	19	-0,143	<b>0,595**</b>	<b>-0,516*</b>	-0,007	-0,127	0,006	-0,114
Gewicht 4. Woche	19	0,050	0,443	<b>-0,463*</b>	0,015	-0,155	0,040	-0,067
Gewicht 6. Woche	19	0,051	0,444	<b>-0,465*</b>	0,011	-0,154	0,036	-0,071
Gewicht 8. Woche	19	-0,219	0,436	-0,275	0,287	-0,190	0,317	0,230
Gewicht 10. Woche	19	-0,220	0,440	-0,283	0,268	-0,185	0,299	0,212
Gewicht 12. Woche	19	-0,205	0,237	-0,224	0,073	-0,096	0,074	0,017
Gewicht 14. Woche	19	-0,212	0,198	-0,186	0,074	-0,172	0,084	0,036

Gewicht	n	Umfang gesamt	Umfang innen	Umfang außen	Feret min.	Feret mittl.	Feret max.
Schlupfgewicht	19	0,143	0,144	0,142	0,073	0,079	0,073
Gewicht 2. Woche	19	0,146	0,147	0,145	0,029	0,029	0,030
Gewicht 4. Woche	19	0,159	0,160	0,159	0,055	0,029	0,020
Gewicht 6. Woche	19	0,156	0,157	0,155	0,051	0,025	0,017
Gewicht 8. Woche	19	0,399	0,400	0,399	0,360	0,338	0,318
Gewicht 10. Woche	19	0,384	0,385	0,384	0,344	0,323	0,303
Gewicht 12. Woche	19	0,142	0,142	0,142	0,078	0,071	0,061
Gewicht 14. Woche	19	0,140	0,140	0,140	0,096	0,074	0,060

Analog zu den männlichen Tieren konnten auch für die weiblichen Enten bei der Gruppe 2 ähnlich gerichtete Zusammenhänge wie für die weiblichen Probanden der Gruppe 1 bestimmt werden. Im Gegensatz zur Gruppe 1 war allerdings bei den weiblichen Enten der Gruppe 2 der Formfaktor negativ mit der Gewichtsentwicklung verbunden. Hier war eine stärkere Entwicklung der Lebendmasse gekoppelt mit einer geringeren Zirkularität der Muskelfasern (siehe Tab. 155).

Tab.155: Beziehungen zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und der Gewichtsentwicklung weiblicher Enten bei einer Vorbruttemperatur von 37,5 °C

Gewicht	n	pH-Wert	ELF	Form-faktor	Fläche	Faser-anzahl	Kreisdurch-messer	mittl. Sehnenlänge
Schlupfgewicht	14	-0,050	0,105	-0,002	-0,393	-0,055	-0,439	-0,457
Gewicht 2. Woche	14	-0,130	0,322	-0,087	-0,384	0,042	-0,405	-0,463
Gewicht 4. Woche	14	-0,054	0,424	-0,033	-0,456	0,047	-0,479	-0,481
Gewicht 6. Woche	14	-0,055	0,423	-0,030	-0,462	0,054	-0,485	-0,484
Gewicht 8. Woche	14	0,086	0,399	-0,039	-0,490	0,025	-0,497	-0,494
Gewicht 10. Woche	14	0,084	0,395	-0,034	-0,497	0,036	-0,504	-0,497
Gewicht 12. Woche	14	-0,037	0,177	-0,034	-0,378	-0,143	-0,369	-0,376
Gewicht 14. Woche	14	-0,064	0,218	-0,061	-0,357	-0,095	-0,346	-0,371

Gewicht	n	Umfang gesamt	Umfang innen	Umfang außen	Feret min.	Feret mittl.	Feret max.
Schlupfgewicht	14	-0,269	-0,268	-0,271	-0,367	-0,346	-0,367
Gewicht 2. Woche	14	-0,227	-0,227	-0,227	-0,338	-0,352	-0,326
Gewicht 4. Woche	14	-0,320	-0,320	-0,321	-0,427	-0,376	-0,346
Gewicht 6. Woche	14	-0,326	-0,325	-0,327	-0,432	-0,383	-0,354
Gewicht 8. Woche	14	-0,341	-0,340	-0,341	-0,465	-0,358	-0,294
Gewicht 10. Woche	14	-0,348	-0,347	-0,348	-0,469	-0,368	-0,306
Gewicht 12. Woche	14	-0,246	-0,245	-0,246	-0,353	-0,200	-0,107
Gewicht 14. Woche	14	-0,219	-0,219	-0,219	-0,320	-0,186	-0,100

Ähnlich wie die Zusammenhänge, die für die männlichen Tiere der Gruppe 1 bestimmt wurden, verhielten sich auch die Korrelationen zwischen den beschriebenen Merkmalen bei den männlichen Enten der Gruppe 3. Abweichend hiervon waren bei der Gruppe 3 die Höhe des pH-Wertes und der elektrischen Leitfähigkeit zum Teil signifikant bis hochsignifikant positiv mit der Gewichtsentwicklung gekoppelt. Im Vergleich mit den entsprechenden Zusammenhängen zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und der Entwicklung der Körpermasse bei den männlichen Probanden der Gruppen 1 und 2 ließen sich jene berechneten Korrelationen bei der Gruppe 3 zum Teil statistisch belegen (siehe Tab.156).

Tab. 156: Zusammenhänge zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und der Gewichtsentwicklung männlicher Enten bei einer Vorbruttemperatur von 38,5 °C

Gewicht	n	pH-Wert	ELF	Formfaktor	Fläche	Faseranzahl	Kreisdurchmesser	mittl. Sehnenlänge
Schlupfgewicht	27	-0,156	<b>0,390*</b>	<b>-0,527*</b>	<b>-0,411*</b>	0,286	<b>-0,412*</b>	<b>-0,542**</b>
Gewicht 2. Woche	27	<b>0,389*</b>	<b>0,567**</b>	-0,184	-0,005	-0,096	-0,026	-0,219
Gewicht 4. Woche	27	0,369	<b>0,517**</b>	-0,034	0,142	-0,275	0,137	-0,040
Gewicht 6. Woche	27	0,341	<b>0,517**</b>	-0,019	0,144	-0,286	0,138	-0,029
Gewicht 8. Woche	27	0,062	0,282	-0,098	<b>0,404*</b>	-0,346	<b>0,414*</b>	0,217
Gewicht 10. Woche	27	0,074	0,285	-0,104	<b>0,405*</b>	-0,344	<b>0,416*</b>	0,214
Gewicht 12. Woche	27	0,045	0,061	-0,113	<b>0,422*</b>	-0,239	<b>0,427*</b>	0,354
Gewicht 14. Woche	27	0,011	-0,115	0,070	0,364	-0,248	<b>0,383*</b>	<b>0,435*</b>

Gewicht	n	Umfang gesamt	Umfang innen	Umfang außen	Feret min.	Feret mittl.	Feret max.
Schlupfgewicht	27	-0,224	-0,223	-0,225	-0,365	-0,433	-0,456
Gewicht 2. Woche	27	0,042	0,044	0,041	-0,015	-0,009	-0,010
Gewicht 4. Woche	27	0,159	0,160	0,158	0,125	0,154	0,159
Gewicht 6. Woche	27	0,155	0,156	0,154	0,126	0,153	0,158
Gewicht 8. Woche	27	<b>0,476*</b>	<b>0,476*</b>	<b>0,474*</b>	<b>0,407*</b>	<b>0,428*</b>	<b>0,429*</b>
Gewicht 10. Woche	27	<b>0,479*</b>	<b>0,480*</b>	<b>0,478*</b>	<b>0,409*</b>	<b>0,430*</b>	<b>0,432*</b>
Gewicht 12. Woche	27	<b>0,487*</b>	<b>0,486*</b>	<b>0,487*</b>	<b>0,420*</b>	<b>0,448*</b>	<b>0,449*</b>
Gewicht 14. Woche	27	0,373	0,372	0,373	0,363	<b>0,398*</b>	<b>0,400*</b>

Für die weiblichen Enten der Gruppe 3 ergaben sich im Gegensatz zu den für die bei Optimaltemperatur inkubierten weiblichen Enten bestimmten Zusammenhänge zwischen dem pH-Wert und der Gewichtsentwicklung ausschließlich positive Korrelationen. Die Leitfähigkeit war nach dem Schlupf schwach negativ mit der Gewichtsentwicklung verbunden, von der 8 Lebenswoche an ergaben sich dann aber auch hier analog zu den Korrelationen bei den weiblichen Tieren der Gruppe 2 positive Zusammenhänge. Die Größe der Faserabmessungen war zu Beginn der Mast ebenfalls negativ mit der Gewichtsentwicklung korreliert, in der zweiten Masthälfte wurden dann positive Beziehungen errechnet. Statistisch belegen ließen sich diese Zusammenhänge allerdings nicht (siehe Tab. 157).

Tab. 157: Beziehungen zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und der Gewichtsentwicklung weiblicher Enten bei einer Vorbruttemperatur von 38,5 °C

Gewicht	n	pH-Wert	ELF	Form-faktor	Fläche	Faser-anzahl	Kreisdurch-messer	mittl. Sehnenlänge
Schlupfgewicht	26	0,120	0,134	0,104	0,065	-0,186	0,072	0,110
Gewicht 2. Woche	26	0,241	-0,040	-0,159	-0,160	0,136	-0,146	-0,202
Gewicht 4. Woche	26	0,349	-0,075	-0,208	-0,097	0,064	-0,069	-0,139
Gewicht 6. Woche	26	0,348	-0,077	-0,211	-0,099	0,070	-0,072	-0,144
Gewicht 8. Woche	26	0,335	0,019	-0,366	0,058	-0,205	0,061	-0,055
Gewicht 10. Woche	26	0,331	0,028	-0,339	0,073	-0,238	0,081	-0,025
Gewicht 12. Woche	26	0,230	0,091	<b>-0,417*</b>	0,122	-0,138	0,096	-0,029
Gewicht 14. Woche	26	0,158	0,047	-0,281	0,157	-0,179	0,128	0,047

Gewicht	n	Umfang gesamt	Umfang innen	Umfang außen	Feret min.	Feret mittl.	Feret max.
Schlupfgewicht	26	0,027	0,027	0,027	0,082	0,012	-0,020
Gewicht 2. Woche	26	-0,076	-0,075	-0,076	-0,102	-0,145	-0,168
Gewicht 4. Woche	26	0,010	0,011	0,010	-0,025	-0,076	-0,103
Gewicht 6. Woche	26	0,008	0,009	0,008	-0,028	-0,078	-0,104
Gewicht 8. Woche	26	0,177	0,178	0,177	0,099	0,055	0,036
Gewicht 10. Woche	26	0,184	0,185	0,185	0,115	0,066	0,044
Gewicht 12. Woche	26	0,214	0,215	0,214	0,133	0,101	0,086
Gewicht 14. Woche	26	0,197	0,197	0,197	0,152	0,104	0,082

#### 4.9.7.2 Korrelationen zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und der Entwicklung der Körpermasse unter Berücksichtigung der Halothanbehandlung

Die Halothanbehandlung wirkte sich auf die berechneten Zusammenhänge der männlichen Tiere in der Weise aus, dass die Höhe des Schlupfgewichtes bei den unbehandelten Tieren negativ mit den histometrischen Merkmalen und der Fleischbeschaffenheit korreliert war. Dies ließ sich auch mit Ausnahme der Leitfähigkeit mehrfach statistisch absichern.

Bei den behandelten Enten ergaben sich dagegen überwiegend positive Korrelationen. Behandlungsbedingt unterschiedlich ausgerichtete Beziehungen wurden außerdem zwischen dem pH-Wert, der elektrischen Leitfähigkeit und der Gewichtsentwicklung ermittelt. Bei den behandelten Enten war ein höherer pH-Wert verbunden mit geringeren Schlupf- und Körpergewichten in den Wochen 4, 8 und 10. Bei unbehandelten Enten wurden dagegen negative Zusammenhänge lediglich zwischen dem Schlupfgewicht und der Lebendmasse in der Woche 12 und 14 bestimmt.

Ähnliche Unterschiede ergaben sich auch bei den Korrelationen zwischen der Leitfähigkeit und der Körpermasseentwicklung. Für die unbehandelten männlichen Probanden wurden statistisch signifikant positive Beziehungen zwischen der Höhe der Leitfähigkeit und der Körpermasse in den Wochen 6-10 errechnet. Bei den behandelten Tiere ergaben sich für diesen Zeitraum überwiegend negative Beziehungen. Die Verbindungen zwischen den Abmessungen der Muskelfasern waren behandlungsunabhängig positiv, ließen sich bei den unbehandelten Tieren jedoch in stärkerem Maße statistisch absichern. Im Gegensatz dazu war die Faseranzahl bei den behandelten Tieren zum Teil signifikant negativ mit dem Körpergewicht gekoppelt, während dies bei den unbehandelten Enten nicht statistisch zu belegen war (siehe Tab.158 u. 159).

Tab. 158: Zusammenhänge zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und der Gewichtsentwicklung halothanbehandelter männlicher Enten

Gewicht	n	pH-Wert	ELF	Formfaktor	Fläche	Faseranzahl	Kreisdurchmesser	mittl. Sehnenlänge
Schlupfgewicht	31	-0,183	0,295	-0,392	0,191	-0,100	0,184	0,075
Gewicht 2. Woche	31	0,063	0,148	-0,201	0,128	-0,096	0,123	0,063
Gewicht 4. Woche	31	-0,013	0,035	-0,165	0,174	-0,226	0,179	0,123
Gewicht 6. Woche	31	0,006	0,031	-0,171	0,161	-0,217	0,167	0,111
Gewicht 8. Woche	31	-0,108	-0,146	-0,144	0,280	-0,352	0,284	0,230
Gewicht 10. Woche	31	-0,122	-0,150	-0,138	0,290	<b>-0,366*</b>	0,294	0,240
Gewicht 12. Woche	31	0,021	0,006	-0,109	<b>0,373*</b>	<b>-0,429*</b>	<b>0,378*</b>	0,338
Gewicht 14. Woche	31	0,056	-0,048	0,033	0,346	<b>-0,364*</b>	0,347	0,342

Gewicht	n	Umfang gesamt	Umfang innen	Umfang außen	Feret min.	Feret mittl.	Feret max.
Schlupfgewicht	31	0,304	0,304	0,304	0,208	0,236	0,239
Gewicht 2. Woche	31	0,189	0,190	0,189	0,127	0,172	0,181
Gewicht 4. Woche	31	0,235	0,236	0,236	0,176	0,227	0,237
Gewicht 6. Woche	31	0,224	0,224	0,224	0,164	0,213	0,222
Gewicht 8. Woche	31	0,336	0,337	0,337	0,290	0,315	0,310
Gewicht 10. Woche	31	0,345	0,346	0,346	0,300	0,325	0,321
Gewicht 12. Woche	31	<b>0,403*</b>	<b>0,403*</b>	<b>0,404*</b>	<b>0,375*</b>	0,352	0,333
Gewicht 14. Woche	31	0,333	0,333	0,333	0,344	0,307	0,285

Tab. 159: Beziehungen zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und der Gewichtsentwicklung nicht halothanisierter männlicher Enten

Gewicht	n	pH-Wert	ELF	Form-faktor	Fläche	Faser-anzahl	Kreisdurch-messer	mittl. Sehnenlänge
Schlupfgewicht	32	<b>-0,365*</b>	<b>0,414*</b>	<b>-0,450*</b>	<b>-0,372*</b>	-0,117	<b>-0,372*</b>	<b>-0,476**</b>
Gewicht 2. Woche	32	0,080	0,340	-0,323	-0,076	0,079	-0,056	-0,218
Gewicht 4. Woche	32	0,236	0,343	-0,290	0,015	-0,046	0,046	-0,108
Gewicht 6. Woche	32	0,253	<b>0,352*</b>	-0,288	0,011	-0,053	0,042	-0,105
Gewicht 8. Woche	32	0,065	<b>0,352*</b>	-0,225	0,259	-0,119	0,310	0,144
Gewicht 10. Woche	32	0,038	<b>0,363*</b>	-0,239	0,266	-0,133	0,313	0,131
Gewicht 12. Woche	32	-0,086	0,172	-0,310	0,152	-0,100	0,180	0,197
Gewicht 14. Woche	32	-0,079	-0,018	-0,098	0,198	-0,177	0,236	0,332

Gewicht	n	Umfang gesamt	Umfang innen	Umfang außen	Feret min.	Feret mittl.	Feret max.
Schlupfgewicht	32	-0,249	-0,249	-0,250	-0,346	<b>-0,355*</b>	<b>-0,355*</b>
Gewicht 2. Woche	32	0,045	0,047	0,044	-0,025	-0,028	-0,027
Gewicht 4. Woche	32	0,134	0,136	0,133	0,059	0,053	0,056
Gewicht 6. Woche	32	0,130	0,131	0,129	0,055	0,046	0,047
Gewicht 8. Woche	32	<b>0,390*</b>	<b>0,391*</b>	<b>0,389*</b>	0,325	0,345	0,349
Gewicht 10. Woche	32	<b>0,398*</b>	<b>0,399*</b>	<b>0,398*</b>	0,326	<b>0,353*</b>	<b>0,360*</b>
Gewicht 12. Woche	32	0,278	0,277	0,277	0,166	0,246	0,271
Gewicht 14. Woche	32	0,268	0,267	0,268	0,219	0,266	0,277

Im Vergleich zu den männlichen Probanden wirkte sich die Halothanbehandlung bei den weiblichen Tieren wesentlich stärker auf die ermittelten Korrelationen zwischen den beschriebenen Merkmalen aus. Lediglich die Zusammenhänge zwischen der Zirkularität und den Gewichtszuwächsen waren bei behandelten und unbehandelten Probanden gleichgerichtet. Höhere Formfaktoren waren behandlungsunabhängig mit einer schwächeren Gewichtsentwicklung verbunden. Zwischen der Anzahl der Fasern pro Bildausschnitt ergaben sich für die behandelten Probanden ausschließlich negative Korrelationen, die zum Teil auch signifikant waren. Im Vergleich dazu wurden in diesem Zusammenhang positive Beziehungen bei den unbehandelten Tieren bestimmt. Die übrigen Parameter waren bei behandelten Enten nahezu ausschließlich positiv mit der Entwicklung der Körpermasse korreliert, bei den unbehandelten wurden hier hingegen mit nur einer einzigen Ausnahme negative Korrelationen ermittelt (siehe Tab.160 u. 161).

Tab. 160: Korrelationen zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und der Gewichtsentwicklung halothanbehandelter weiblicher Enten

Gewicht	n	pH-Wert	ELF	Form-faktor	Fläche	Faser-anzahl	Kreisdurch-messer	mittl. Sehnenlänge
Schlupfgewicht	27	-0,006	0,149	0,006	0,051	<b>-0,390*</b>	0,051	0,045
Gewicht 2. Woche	27	-0,062	0,103	-0,048	0,127	-0,390	0,114	0,094
Gewicht 4. Woche	27	0,051	0,092	-0,017	0,135	-0,265	0,133	0,127
Gewicht 6. Woche	27	0,047	0,086	-0,014	0,144	-0,269	0,141	0,136
Gewicht 8. Woche	27	0,127	0,055	-0,110	0,250	-0,363	0,259	0,223
Gewicht 10. Woche	27	0,129	0,051	-0,090	0,277	-0,377	0,288	0,259
Gewicht 12. Woche	27	0,219	-0,083	-0,033	0,326	-0,361	0,356	0,353
Gewicht 14. Woche	27	0,186	-0,105	0,002	0,263	<b>-0,388*</b>	0,291	0,299

Gewicht	n	Umfang gesamt	Umfang innen	Umfang außen	Feret min.	Feret mittl.	Feret max.
Schlupfgewicht	27	0,061	0,062	0,061	0,065	0,015	-0,009
Gewicht 2. Woche	27	0,127	0,128	0,128	0,121	0,124	0,130
Gewicht 4. Woche	27	0,129	0,130	0,130	0,140	0,142	0,148
Gewicht 6. Woche	27	0,136	0,136	0,136	0,147	0,150	0,156
Gewicht 8. Woche	27	0,266	0,266	0,266	0,265	0,267	0,275
Gewicht 10. Woche	27	0,283	0,283	0,283	0,291	0,289	0,294
Gewicht 12. Woche	27	0,310	0,310	0,310	0,368	0,351	0,341
Gewicht 14. Woche	27	0,244	0,244	0,244	0,305	0,281	0,268

Tab. 161: Zusammenhänge zwischen den histometrischen Merkmalen, der Fleischbeschaffenheit und der Gewichtsentwicklung unbehandelter weiblicher Enten

Gewicht	n	pH-Wert	ELF	Form-faktor	Fläche	Faser-anzahl	Kreisdurch-messer	mittl. Sehnenlänge
Schlupfgewicht	28	-0,019	0,160	-0,106	-0,144	0,209	-0,170	-0,132
Gewicht 2. Woche	28	-0,084	-0,186	-0,068	-0,225	0,244	-0,219	-0,236
Gewicht 4. Woche	28	-0,001	-0,144	-0,085	-0,255	0,218	-0,234	-0,253
Gewicht 6. Woche	28	-0,015	-0,153	-0,076	-0,247	0,230	-0,227	-0,244
Gewicht 8. Woche	28	-0,083	-0,088	-0,119	-0,222	0,172	-0,256	-0,295
Gewicht 10. Woche	28	-0,101	-0,081	-0,113	-0,231	0,186	-0,268	-0,308
Gewicht 12. Woche	28	-0,120	0,018	-0,167	-0,149	0,186	-0,218	-0,273
Gewicht 14. Woche	28	-0,102	0,031	-0,137	-0,119	0,126	-0,190	-0,232

Gewicht	n	Umfang gesamt	Umfang innen	Umfang außen	Feret min.	Feret mittl.	Feret max.
Schlupfgewicht	28	-0,195	-0,196	-0,196	-0,158	-0,194	-0,231
Gewicht 2. Woche	28	-0,188	-0,187	-0,187	-0,188	-0,216	-0,244
Gewicht 4. Woche	28	-0,202	-0,201	-0,201	-0,204	-0,228	-0,262
Gewicht 6. Woche	28	-0,199	-0,198	-0,198	-0,199	-0,222	-0,255
Gewicht 8. Woche	28	-0,201	-0,201	-0,201	-0,235	-0,240	-0,246
Gewicht 10. Woche	28	-0,211	-0,211	-0,211	-0,249	-0,251	-0,251
Gewicht 12. Woche	28	-0,148	-0,148	-0,148	-0,218	-0,187	-0,154
Gewicht 14. Woche	28	-0,134	-0,133	-0,133	-0,194	-0,170	-0,135



#### 4.9.8 Zusammenhänge zwischen den Vorbrutbedingungen und den histometrischen Merkmalen sowie der Fleischbeschaffenheit

Bei der Betrachtung der Auswirkung der Vorbruttemperaturen auf die Ausprägung der histometrischen Parameter und der Fleischbeschaffenheit waren bei den männlichen Tieren erhöhte Vorbruttemperaturen verbunden mit höheren pH-Werten und einer zunehmenden Anzahl an Muskelfasern. Die übrigen Merkmale waren dagegen negativ mit zunehmenden Vorbruttemperaturen gekoppelt.

Ähnliche Zusammenhänge konnten für die weiblichen Tiere ermittelt werden. Im Gegensatz zu den männlichen Enten war hier jedoch eine erhöhte Leitfähigkeit mit höheren Bruttemperaturen gekoppelt. Zusätzlich nahm die Faseranzahl bei den weiblichen Enten mit zunehmender Temperaturhöhe ab.

Die Halothanbehandlung wirkte sich bei den männlichen Enten wie folgt auf die Ausprägung der histometrischen Merkmale und die Fleischbeschaffenheit aus. Behandelte Tiere zeigten demnach Muskelfasern mit einer erhöhten Zirkularität und einer größeren mittleren Sehnenlänge. Dagegen bestanden negative Zusammenhänge zwischen den übrigen Merkmalen und der Halothaneinwirkung.

Analog zu den Ergebnissen bei den männlichen Tieren konnten bei den weiblichen Probanden ebenfalls überwiegend negative Verbindungen zwischen der Halothanbehandlung und den betreffenden Merkmalen berechnet werden. Zusätzlich zu der Zirkularität und der mittleren Sehnenlänge ergaben sich hier positive Korrelationen zwischen der Halothaneinwirkung und der elektrischen Leitfähigkeit. Sämtliche Korrelationen ließen sich allerdings nicht statistisch belegen (siehe Tab.162).

Tab. 162: Zusammenhänge zwischen den Vorbrutbedingungen und den histometrischen Parametern sowie der Fleischbeschaffenheit

Vorbrut- bedingung	Sex	n	pH-Wert	ELF	Form- faktor	Fläche	Faser- anzahl	Kreisdurch- messer	mittl. Sehnenlänge
Temp. 1-3	1	63	0,188	-0,085	-0,027	-0,110	0,054	-0,095	-0,004
Temp. 1-3	2	55	0,173	0,120	-0,180	-0,152	-0,098	-0,141	-0,199
Halothan 1-2	1	63	-0,225	-0,033	0,036	-0,087	-0,072	-0,086	0,005
Halothan 1-2	2	55	-0,059	0,033	0,188	-0,033	-0,021	-0,011	0,064

Vorbrut- bedingung	Sex	n	Umfang gesamt	Umfang innen	Umfang außen	Feret min.	Feret mittl.	Feret max.
Temp. 1-3	1	63	-0,094	-0,094	-0,094	-0,086	-0,107	-0,117
Temp. 1-3	2	55	-0,059	-0,059	-0,060	-0,108	-0,104	-0,106
Halothan 1-2	1	63	-0,097	-0,097	-0,097	-0,094	-0,084	-0,072
Halothan 1-2	2	55	-0,090	-0,091	-0,089	-0,021	-0,021	-0,101

36,5 °C = **1**    männlich = **1**    halothanbehandelt = **1**

37,5 °C = **2**    weiblich = **2**    unbehandelt = **2**

38,5 °C = **3**

## 5 Diskussion

### 5.1 Brutergebnisse unter Berücksichtigung der Inkubationsbedingungen

Insgesamt wurden für die vorliegende Untersuchung 670 Bruteier der Linie R71 des Zuchtunternehmens Grimaud und Brinkmann inkubiert. Von diesen 670 Eiern waren 659 befruchtet, was einer Befruchtungsrate von 98,4 % entsprach. Die Fertilität übertraf damit deutlich die Angaben des Zuchtunternehmens, welches eine durchschnittliche Befruchtungsleistung von etwa 90 % angibt (GRIMAUD, 2001). Die Schlupfrate blieb dagegen mit 39,5 % erheblich hinter den Angaben des Zuchtunternehmens (90 %) und anderen Literaturhinweisen (80 %) zurück (GOLZE, 2000).

Die schlechten Schlupfergebnisse könnten zunächst auf die suboptimalen Vorbrutbedingungen, d.h. die mit 36,5 °C zu geringen bzw. die mit 38,5 °C zu hohen Vorbruttemperaturen und die Behandlung mit dem Inhalationsnarkotikum Halothan zurückgeführt werden. Durch die Modifikation der Bruttemperaturen sollte in den beiden alternativ inkubierten Versuchsgruppen durch die über die gesamte Brutdauer anliegenden suboptimalen Temperaturen bereits eine Vorselektion bezüglich der Vitalität und der Widerstandskraft der Embryonen erreicht werden. Die Abweichungen von der Optimaltemperatur bewegten sich dabei allerdings noch innerhalb der physiologischen Grenzen. Um ein optimales Schlupfergebnis zu erreichen, sollen die Schwankungen der Bruttemperaturen nicht über 0,3 °C hinaus gehen (BARROT, 1937). Nach FRENCH (1997) liegt die optimale Bruttemperatur beim Geflügel zwischen 37 und 38 °C, wobei ein Schlupf auch noch bei Temperaturen von 35-40,5 °C möglich ist. Danach lagen die von uns angelegten alternativen Bruttemperaturen nur 0,7 °C über der Schwankungsbreite, die nach BARROT (1937) nicht überschritten werden sollte, wenn ein optimales Schlupfergebnis im Vordergrund steht. Gleichzeitig bewegten sie sich noch deutlich innerhalb des von FRENCH (1997) beschriebenen Bereichs, so dass davon ausgegangen werden kann, dass das Schlupfvermögen nicht übermäßig strapaziert wurde.

Um die Selektion auf Vitalität während des Embryonalstadiums noch zu intensivieren, erfolgte am 26. Bruttag eine Halothanbehandlung. Diese hatte gemäß der vorliegenden Arbeit im Gegensatz zu den Ergebnissen von GRÖSCHL (1998), bei der die Halothanbelastung der Bruteier sich deutlich auf das Schlupfergebnis auswirkte, keinen Effekt auf die Schlupfrate.

Des weiteren kann nicht ausgeschlossen werden, dass es durch die zweimalige Messung des embryonalen Sauerstoffverbrauchs zu Schlupfeinbußen gekommen ist.

Nach PRAX (1993) betrug die Schlupfrate bei Bruteiern, deren Sauerstoffverbrauch kontinuierlich gemessen wurde, jedoch nicht weniger als 75 %.

Bei der Betrachtung der einzelnen Temperaturgruppen konnten deutliche Unterschiede bezüglich des Schlupfergebnisses beobachtet werden. Die Höhe der Vorbruttemperatur wirkte sich massiv auf die Schlupfrate in den einzelnen Temperaturgruppen aus. Wider Erwarten schlüpfte der geringste Prozentsatz (36,1 %) bei einer Vorbruttemperatur von 36,5 °C. Dagegen wurde das beste Schlupfergebnis bei einer Vorbruttemperatur von 38,5 °C bestimmt. Hier lag der Anteil schlupffähiger Eier mit 45,6 % noch über der Schlupfrate, die bei Optimaltemperatur inkubierten Bruteiern (36,7 %) bestimmt werden konnte. Nach THOMPSON et al. (1983) werden dagegen während der Embryonalentwicklung Temperaturabsenkungen prinzipiell besser vertragen als Temperaturerhöhungen. Nach FRENCH (2000) kommt es bei Puten durch die Erhöhung der Bruttemperatur um 1 °C zu einem signifikant schlechteren Schlupfergebnis. In Untersuchungen von GRÖSCHL (1998) verringerte sich das Schlupfergebnis bei Puten, die bei um 1 °C erhöhten Temperaturen inkubiert wurden, im Vergleich zur Kontrollgruppe um 90 %. Die Absenkung der Inkubationstemperatur um 1 °C führte hingegen nur zu einem um 58,6 % verringertem Schlupf. WILSON (1991) berichtet, dass die negativen Auswirkungen mit zunehmender Temperaturabweichung und Einwirkdauer größer werden. Demzufolge hätte man aufgrund permanenter suboptimaler Temperatureinwirkung während der gesamten Vorbrut das beste Schlupfergebnis in der Kontrollgruppe, das geringste hingegen in der bei 38,5 °C bebrüteten Gruppe erwarten sollen.

Durch die Halothanbehandlung ergaben sich in der vorliegenden Untersuchung keine wesentlichen Änderungen bezüglich der Schlupfraten in den einzelnen Gruppen. Analog zu den Ergebnissen von GRÖSCHL (1998) änderte sich die Rangierung der Schlupfrate durch die Halothanbehandlung nicht. Auch bei den halothanbehandelten Gruppen wurde das beste Ergebnis bei 38,5 °C ermittelt, das schlechteste bei 36,5 °C.

## **5.2 Embryonale Atmung**

In dieser Untersuchung ergaben sich deutliche Unterschiede zwischen dem embryonalen Sauerstoffverbrauch von Hühnern und Puten im Vergleich zu Flugenten. Nach 2/3 der Brutzeit veratmeten die Flugenten gegenüber Puten (GRÖSCHL, 1998) etwa 64 % Hühnern (HILLER, 1994) ca. 59 % mehr Sauerstoff.

Dies ließe vermuten, dass Flugentenembryonen verglichen mit anderen Geflügelarten ein stärkeres embryonales Wachstum zeigen. Nach AR (1985) ergeben sich für die Flugenten im Embryonalstadium jedoch nur tägliche Gewichtszuwächse von etwa 1,63 g, während für Puten 2,06 g und für Hühnerembryonen 2,10 g berechnet werden.

Der höhere Sauerstoffverbrauch der Flugenten in Verbindung mit im Vergleich zu den anderen Geflügelarten geringeren Zunahmen könnte nach den Ergebnissen von VLECK et al. (1980) und AR (1999) auf ein erhöhtes Wachstum zu Beginn der embryonalen Entwicklung zurückgeführt werden. Demnach könnte postuliert werden, dass Flugenten zu Beginn der Brut erheblich stärker wachsen als Puten- und Hühnerembryonen und dadurch eine erhöhte Stoffwechselaktivität zeigen, verbunden mit einem stärkerem Sauerstoffverbrauch zur Erhaltung ihres, schon zu einem frühen Zeitpunkt bestehenden Gewebes.

### **5.2.1 Embryonale Atmung in Abhängigkeit von Schlupffähigkeit und Geschlecht**

Bei der Betrachtung des embryonalen Sauerstoffverbrauchs in Abhängigkeit von der Schlupffähigkeit konnten bei den Flugenten analog zu den Ergebnissen von HILLER (1994), KESSLER (1998) und GRÖSCHL (1998) signifikante Unterschiede zwischen schlupffähigen und nicht schlupffähigen Probanden bestimmt werden. In allen genannten Untersuchungen zeigten nicht schlupffähige Embryonen eine signifikant schwächere Stoffwechselaktivität als die schlupffähigen (siehe Tab. 17 u. 18 sowie Abb. 14). Diesen Ergebnissen zufolge könnte postuliert werden, dass die embryonale Atmung als Indikator für Vitalität und Widerstandsfähigkeit geeignet erscheint.

Des weiteren konnte bei den Flugenten ein deutlich ausgeprägter Geschlechtseffekt ermittelt werden. Ähnlich wie bei Hühnern (HILLER, 1994) ergab sich auch bei Flugenten eine signifikant höhere Atmungsaktivität bei den männlichen Probanden. Im Gegensatz zu der zuerst genannten Geflügelart, bei der dieser Geschlechtseffekt lediglich bis zum 11. Bruttag ermittelt werden konnte und nach Ablauf von 2/3 der Brutdauer keine signifikante Differenz mehr zwischen den Geschlechtern festzustellen war, veratmeten die männlichen Flugenten auch nach 2/3 der Brutzeit etwa 14 % mehr Sauerstoff als die weiblichen Enten (siehe Tab. 17 u. 18 sowie Abb. 14). Bei Puten (GRÖSCHL, 1998) konnten, ähnlich wie bei Hühnern nach 2/3 der Brutdauer keine signifikanten Unterschiede zwischen den Geschlechtern gemessen werden.

Bei dem Vergleich der Atmungsaktivitäten der schlupffähigen weiblichen Enten mit dem Sauerstoffverbrauch der nicht schlupffähigen Probanden konnten dagegen signifikante

Unterschiede nur bei der Gruppe bestimmt werden, die bei 36,5 °C inkubiert wurde. Daraus ließe sich ableiten, dass anhand der embryonalen Atmung eine Differenzierung zwischen schlupffähigen männlichen und nicht schlupffähigen Flugenten möglich ist. Eine generelle Sortierung von schlupffähigen und nicht schlupffähigen Probanden ist allerdings nur eingeschränkt möglich, da sich schlupffähige weibliche Enten nur bei 36,5 °C signifikant von nicht schlupffähigen unterscheiden. Dennoch wäre zu untersuchen, inwieweit eine Sortierung der Geschlechter anhand der embryonalen Atmung durchzuführen ist, da männliche Flugenten erheblich mehr Sauerstoff veratmen als weibliche und nicht schlupffähige Embryonen.

### **5.2.2 Umwelteinflüsse auf die embryonale Atmung**

Die Atmungsaktivität der Embryonen wird von verschiedenen Umweltfaktoren beeinflusst. Gemäß der vorliegenden Arbeit beeinflusste die Lagerungsdauer der Bruteier signifikant die Atmungsaktivität (siehe Tab. 8). Mit zunehmender Lagerungsdauer nahm der Sauerstoffverbrauch höchstsignifikant ab. Ähnliches wird auch in der Literatur berichtet. Sollen Bruteier über einen längeren Zeitraum ohne Schlupfeinbußen gelagert werden, muß die Temperatur unter dem physiologischen Nullpunkt von 20 °C bis 26,7 °C liegen (FUNK et al., 1944 und DECUYPERE, 1979). In Abhängigkeit von der Lagerungsdauer werden Temperaturen von 10-17 °C genannt (WILSON, 1991). Nach MC DONALD (1960) fiel die Schlupfrate bei Bruteiern, die 1-7 Tage bei 26,7 °C gelagert wurden, rapide ab. Da die Schlupffähigkeit mit einer ausgeprägteren Atmungsaktivität verbunden ist, war zu erwarten, dass der O<sub>2</sub>-Verbrauch mit zunehmender Lagerungsdauer in Abhängigkeit von den Lagerungsbedingungen abnimmt.

#### **5.2.2.1 Embryonale Atmung bei variierenden Bruttemperaturen**

Nach DECUYPERE et al. (1992) ist die Bruttemperatur der wichtigste die Stoffwechselaktivität beeinflussende Umweltfaktor und wirkt sich gravierend auf die Embryonalentwicklung und die Schlupffähigkeit aus. Auch in der vorliegenden Arbeit konnten in Abhängigkeit von der Bruttemperatur deutliche Unterschiede bezüglich der embryonalen Stoffwechselaktivität bestimmt werden. Mit zunehmender Inkubationstemperatur nahm die Atmungsaktivität und damit die Stoffwechselrate zu. Die gemessenen Atmungsintensitäten der einzelnen Gruppen unterschieden sich dabei hoch- bis höchstsignifikant.

Der Sauerstoffverbrauch der Gruppe, die bei 38,5 °C bebrütet wurde, lag dabei am 25. Bruttag 4,9 % über dem Wert der Kontrollgruppe, während der O<sub>2</sub>-Verbrauch der bei 36,5 °C bebrüteten Embryonen um 9,2 % unter dem der Kontrollgruppe blieb (siehe Tab. 9).

Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch SAPON (1985) und DECUYPERE (1992). Demnach führen verringerte Bruttemperaturen zu eingeschränkten embryonalen Stoffwechselaktivitäten. Erhöhte Inkubationstemperaturen sind dagegen verbunden mit einer beschleunigten Embryonalentwicklung und einem zeitigeren Schlupf.

Auch GAULY (1991), KESSLER (1998) und GRÖSCHL (1998) bestimmten bei zunehmenden Bruttemperaturen steigende Atmungsintensitäten. Zusätzlich konnte in den beschriebenen Untersuchungen, wie in der vorliegenden Arbeit, auch eine stärkere Änderung der Stoffwechselaktivität durch die niedrigere Bruttemperatur hervorgerufen werden.

#### **5.2.2.2 Embryonale Atmung in Zusammenhang mit der Halothanbehandlung**

Durch die Halothaneinwirkung kam es bei den Enten ähnlich wie auch bei Puten (GRÖSCHL, 1998) zu Depressionen der Atmungsaktivität. Dies war zu erwarten, da sich das Inhalationsnarkotikum nach LIMPER (1990) hemmend auf die mitochondriale Atmungsaktivität auswirkt.

Tendenziell entsprachen die Atmungsunterschiede zwischen den einzelnen Temperaturgruppen einander, deutlicher hervorzuheben waren sie durch die Halothaneinwirkung nicht.

Die Atmungsmessungen direkt und 10 Minuten nach der Behandlung zeigten, dass bei 36,5 °C inkubierten Bruteiern, im Vergleich zu den anderen Gruppen, die geringste Reduktion des Sauerstoffverbrauchs auftrat. Gleichzeitig wurde bei dieser Gruppe aber auch die geringste Erholungsfähigkeit bestimmt. Das höchste Erholungsvermögen wurde in diesem Zusammenhang bei der optimal inkubierten Gruppe ermittelt, gefolgt von der Gruppe, die bei 38,5 °C bebrütet wurde. Gleichzeitig konnte bei dieser Gruppe auch die höchste Atmungsreduktion durch das Halothan gemessen werden (siehe Tab. 13 u.15 sowie Abb. 12).

Die beschriebenen Ergebnisse gehen konform mit den Resultaten, die GRÖSCHL (1998) bei Puten ermittelte. Auch hier ließen sich die Atmungsaktivitäten durch die Halothaneinwirkung nicht deutlicher differenzieren. Des weiteren wirkte sich die Halothanbehandlung bei den Puten ähnlich aus wie bei den Flügeltieren. Auch bei Puten zeigte die Gruppe, die bei erhöhten Temperaturen inkubiert wurde, die stärkste Atmungsdepression. Die geringste Einschränkung der Atmungsaktivität ergab sich ebenfalls bei der Gruppe, die bei der geringeren

Inkubationstemperatur bebrütet wurde. Die größte Erholungsfähigkeit zeigte, wie bei den Enten auch, die bei Optimaltemperatur inkubierte Gruppe.

Speziesübergreifend konnte hier festgestellt werden, dass mit zunehmender Atmungsaktivität die Anfälligkeit gegenüber dem Halothan zunimmt. Werden die Änderungen des Sauerstoffverbrauchs der genannten Geflügelarten verglichen, zeigt sich, dass diese bei den Flugenten, die eine erheblich höhere Atmungsaktivität aufweisen, deutlich stärker ausgeprägt sind als bei den Puten. Direkt nach der Behandlung verringert sich die Atmungsaktivität bei den Flugenten um etwa 20 %, während sie bei den Puten nur um maximal 15 % zurückgeht. Auch bei dem Vergleich der Erholungsfähigkeit zeigen sich deutliche Unterschiede. Während sich bei den Enten die Atmungsaktivität nach einer 10-minütigen Erholungsphase um ca. 10 % steigert, beträgt die Zunahme des Sauerstoffverbrauchs bei den Puten nur 5 %.

Die Ursache für die aufgetretenen Atmungsunterschiede könnte eine unterschiedliche Verstoffwechselung des Halothans sein. Zu den diesen Prozess bestimmenden Faktoren gehört unter anderem der Gehalt an Cytochrom P-450. Cytochrom P-450 beeinflusst die Metabolisierung und die Substratbindung verschiedener Pharmaka. Bei männlichen landwirtschaftlichen Nutztieren, die im Vergleich zu den weiblichen höhere Stoffwechselaktivitäten aufwiesen, konnten gleichzeitig auch deutlich höhere Gehalte an Cytochrom P-450 in der Leber gemessen werden (BRINKORD, 1987).

Aus diesen Ergebnissen könnte geschlossen werden, dass Tiere mit einer erhöhten Atmungsaktivität höhere Gehalte an Cytochrom P-450 aufwiesen, infolgedessen das Halothan schneller verstoffwechselten und somit stärkere Erholungsraten zeigten.

### **5.3 Entwicklung der Lebendmasse bei Flugenten**

Wie in der Literatur beschrieben (LECLERQ, 1990) zeigten die Flugenten auch in unserer Untersuchung einen stark ausgeprägten Geschlechtsdimorphismus. Schon von der 2. Lebenswoche an erreichten die männlichen Tiere deutlich höhere Körpergewichte. Zum Mastende betrug die Differenz zwischen den männlichen und weiblichen Tieren 41-44 % (siehe Tab. 19 u. Abb. 16). Ähnliche Werte werden auch in der Literatur genannt (BAEZA et al., 1998). Dieser Autor bestimmte die höchste Wachstumsintensität bei den weiblichen Tieren bereits nach 30 Tagen, während bei den männlichen Tieren die höchsten Zunahmen erst nach 35 Tagen realisiert wurden. Auch in unserer Untersuchung konnten ähnliche Geschlechtsunterschiede bestimmt werden. Jedoch wurden die maximalen Zunahmen bei



beiden Geschlechtern etwa 1 Woche später erreicht, was auf die alternativen Brutbedingungen zurückzuführen sein könnte.

Aufgrund des stark ausgeprägten Geschlechtsdimorphismus erfolgte die Auswertung der nachfolgend bearbeiteten Daten nach Geschlechtern getrennt. Im Gegensatz zu PRAX (1993) konnte durch die verschiedenen Bruttemperaturen kein Unterschied bezüglich der Ausprägung des Geschlechtsdimorphismus ermittelt werden.

### **5.3.1 Entwicklung der Lebendmasse in Abhängigkeit von der Bruttemperatur**

Die Bruttemperatur hatte einen deutlichen Einfluss auf die Entwicklung der Lebendmasse der Flugenten. Die Tiere, die während der Brut verringerten Temperaturen ausgesetzt waren, zeigten die höchsten Schlupfgewichte, konnten dann aber in der ersten Masthälfte nur eingeschränkte Zuwachsraten realisieren. Dieser Rückstand wurde dann jedoch in der zweiten Masthälfte aufgeholt, und zum Zeitpunkt der Schlachtung zeigten die Tiere dieser Gruppe die höchsten Mastendgewichte. Im Gegensatz dazu nahmen die Enten, die bei erhöhten Temperaturen bebrütet wurden, zu Mastbeginn stärker zu als die Probanden der anderen Gruppen. Mit zunehmender Mastdauer blieben diese Tiere jedoch hinter der Gewichtsentwicklung der anderen Gruppen zurück und zeigten zum Ende der Mast geringere Endgewichte (siehe Tab. 19 u. 23 sowie Abb. 18).

Diese Ergebnisse bestätigen die Resultate von MAC NABB et al. (1977), DECUYPERE (1979) und DECUYPERE (1984), die bei Hühnern, die bei erniedrigten Bruttemperaturen inkubiert wurden, höhere Schlupfgewichte verbunden mit einem anfänglich schwächer ausgeprägtem Wachstumsvermögen feststellten. Im weiteren Verlauf der Mast wurde dieser Rückstand dann kompensiert. Am Mastende zeigten die betreffenden Hühner höhere Mastendgewichte als die Kontrolltiere.

GAULY (1991) u. KESSLER (1998) bestimmten im Gegensatz zu den bei Flugenten festgestellten Ergebnissen höhere Zuwächse und Reifegewichte bei Tieren, die erhöhten Bruttemperaturen ausgesetzt waren.

Diese Unterschiede bezüglich der Wachstumsintensität bzw. die höhere Mastleistung der bei erniedrigten Temperaturen inkubierten Enten könnten, ähnlich wie von GAULY (1991) angenommen, darauf zurückgeführt werden, dass durch die suboptimalen Temperaturen eine Selektion bezüglich der Vitalität stattgefunden hat und dass diese vitaleren Tiere im Vergleich zu den Probanden der Kontrollgruppe zu höheren Zuwachsleistungen fähig sind. In der vorliegenden Arbeit zeigte das Schlupfergebnis, dass der stärkste Selektionsdruck bei der

Gruppe herrschte, die bei 36,5 °C bebrütet wurden da hier die geringste Schlupfrate erreicht wurde. Daraus könnte abgeleitet werden, dass in dieser Gruppe vitalere Tiere schlüpften, die ähnlich wie bei GAULY (1991) ein stärkeres Wachstumsvermögen zeigten. Zum anderen könnte die Wachstumsverzögerung zum Ende der Mast bei den Küken, die bei 38,5 °C bebrütet wurden, darauf zurückzuführen sein, dass in dieser Gruppe, in der die meisten Küken schlüpften, die Auslese der vitalsten Enten nur unzureichend war.

### **5.3.2 Entwicklung der Lebendmasse in Abhängigkeit von der Halothanbehandlung**

Bei der Betrachtung der Halothanwirkung auf die Lebendmasseentwicklung der Flugenten konnten bei den behandelten männlichen Tieren über die gesamte Mastperiode hinweg deutliche Leistungseinbußen bestimmt werden. Diese waren im Vergleich zu den bei Puten (GRÖSCHL, 1998) gemessenen Unterschieden wesentlich stärker ausgeprägt und nahmen im weiteren Verlauf der Mast noch zu. Zum Mastende zeigten die behandelten männlichen Tiere etwa 4 % geringere Mastendgewichte. Bei den weiblichen Tieren waren zunächst ähnlich wie bei den Puten die behandelten Probanden den unbehandelten überlegen, nach der 6. Lebenswoche blieben die behandelten Tiere jedoch deutlich hinter den unbehandelten zurück und erreichten hier nur ca. 94,5 % der Gewichte, die von den Kontrolltieren zum Zeitpunkt der Schlachtung erzielt wurden. Auch hier nahm die Differenz zwischen behandelten und unbehandelten Tieren zum Ende der Mast zu (siehe Tab. 21 u. Abb. 17). Die Halothanbehandlung wirkt sich demnach bei Puten und in noch stärkerem Umfang bei Flugenten deutlich negativ auf die Mastleistung der Tiere aus. Dies könnte eine Folge der hemmenden Wirkung des Inhalationsnarkotikums auf die mitochondriale Stoffwechselaktivität sein. LIMPER (1990) beschreibt in Abhängigkeit vom Substrat Atmungsdepressionen von 5-40 %. BRINKORD (1987) zeigte bei Mastschweinen, die im Ferkelalter mit Halothan behandelt wurden, tendenziell erhöhte Gehalte an Cytochrom P-450, so dass nicht ausgeschlossen werden kann, dass eine hemmende Wirkung des Halothans sich auf die Wachstumsleistung noch lange nach der Behandlung der Tiere auswirkt.

### **5.3.3 Korrelationen zwischen dem embryonalen Sauerstoffverbrauch und der Gewichtsentwicklung**

In dieser Untersuchung konnten in Abhängigkeit von den Brutbedingungen und dem Geschlecht verschieden gerichtete Korrelationen bestimmt werden, die sich zum Teil auch statistisch absichern ließen.

Bei der Betrachtung der Korrelationen in Abhängigkeit von der Bruttemperatur am 25. und 26. Bruttag konnten innerhalb der Gruppen bei beiden Geschlechtern etwa gleichgerichtete Korrelationen ermittelt werden (siehe Tab. 25-30). Die Berechnung der Zusammenhänge zwischen dem O<sub>2</sub>-Verbrauch und der Gewichtsentwicklung zeigte erhebliche temperaturbedingte Unterschiede. Bei der optimal inkubierten Gruppe konnten nahezu ausschließlich positive Korrelationen bestimmt werden, die sich zum Teil auch statistisch belegen ließen. Insbesondere am 26. Bruttag konnten in diesem Zusammenhang bei beiden Geschlechtern hochsignifikante Korrelationen im Bereich von  $r = 0,5-0,8$  berechnet werden, so dass anhand der Bestimmung der embryonalen Atmung am 26. Tag der Inkubation deutliche Aussagen bezüglich der späteren Gewichtsentwicklung der Tiere möglich erscheinen (siehe Tab. 28).

Diese Ergebnisse gehen konform mit den Resultaten von HILLER (1994) und KESSLER (1998), die bei Optimaltemperatur inkubierten Legehühnern ebenfalls positive Zusammenhänge zwischen der embryonalen Atmung und der Gewichtsentwicklung berechneten. GRÖSCHL (1998) bestimmte im Gegensatz dazu bei Puten schwach negative Zusammenhänge, die aber statistisch nicht signifikant waren.

Bei den suboptimal bebrüteten Enten ergaben sich hingegen überwiegend negative Korrelationen, die aber statistisch nicht abzusichern waren. Daraus ergibt sich, dass Vorhersagen über das Wachstumsvermögen von Enten anhand ihrer embryonalen Atmung eher bei optimalen Bruttemperaturen möglich sind.

Die negativen Korrelationen bei den suboptimal inkubierten Tieren bestätigen die Erkenntnisse von GRÖSCHL (1998). Auch hier ergaben sich negative Zusammenhänge zwischen dem Sauerstoffverbrauch und der Gewichtsentwicklung. GRÖSCHL (1998) führt dies auf einen Antagonismus zwischen der Vitalität und dem Körperzuwachs zurück und postuliert, dass die negativen Beziehungen bei den suboptimalen Bruttemperaturen dadurch hervorgerufen werden, dass die entsprechenden Tiere über eine erhöhte Vitalität verfügen.

Diese höhere Vitalität sei allerdings verbunden mit einem verringertem Wachstumsvermögen, woraus sich dann der negative Zusammenhang zwischen den genannten Parametern ergäbe. Diese These steht jedoch im Gegensatz zu der Annahme von GAULY (1991), der eine erhöhte Mastleistung bei suboptimal bebrüteten Fasanen auf eine ausgeprägtere Vitalität zurückführt.

#### **5.4 Mitochondriale Atmungsaktivität**

Im Vergleich zu den Erkenntnissen von HILLER (1994) waren bei den Flugenten, ähnlich wie bei MAEDA et al. (1992) und GRÖSCHL (1998), die Merkmale der mitochondrialen Stoffwechselaktivität in Abhängigkeit vom Geschlecht unterschiedlich stark ausgeprägt. Hier veratmeten die weiblichen Flugenten etwa 8-10 % mehr Sauerstoff, die männlichen Probanden zeigten jedoch im Mittel 3 % höhere ADP/ O-Werte (siehe Tab. 41 u. Abb. 20 u. 21). Da gemäß MAEDA et al. (1992) die weiblichen Enten eine um etwa 40 % geringere Körpermasse aufweisen als die männlichen Tiere, strahlen sie mehr Wärme ab. Dieser Mehrbedarf an Wärme könnte, wie bei BOBYLEVA-GUARRIERO et al. (1984) beschrieben, durch eine stärkere Entkopplung der Respiration von der ATP-Synthese gedeckt werden. Damit wäre der höhere Sauerstoffverbrauch und der geringere ADP/ O-Quotient der weiblichen Tiere zu begründen. HILLER (1994) konnte bei Legehybriden entsprechende Unterschiede zwischen den Geschlechtern nicht feststellen, weil dort der Geschlechtsdimorphismus gegebenenfalls nicht stark genug ausgeprägt war. Bei GRÖSCHL (1998) waren dagegen die weiblichen Puten gegenüber den männlichen deutlich überlegen. Die Autorin begründet dies durch den zum Zeitpunkt der Untersuchung der Mitochondrien bestehenden Altersunterschied.

##### **5.4.1 Mitochondriale Atmungsaktivität unter Berücksichtigung variierender Brutbedingungen**

Die Höhe der Bruttemperatur wirkte sich nur in geringem Umfang auf die mitochondriale Atmungsaktivität der Flugenten aus. Bei den männlichen Probanden zeigten die suboptimal inkubierten Tiere im Vergleich zur Kontrollgruppe eine höhere Atmungsaktivität.

Die Höhe des ADP/ O-Wertes nahm mit zunehmender Bruttemperatur zu. Im Gegensatz dazu führten nach GRÖSCHL (1998) erhöhte Inkubationstemperaturen bei Puten zu verringerten mitochondrialen Stoffwechselaktivitäten im Lebergewebe.

Bei den weiblichen Enten waren die optimal inkubierten Tiere in allen betreffenden Merkmalen den Tieren der anderen Versuchsgruppen überlegen (siehe Tab. 41 sowie Abb. 20 u. 21). Zu ähnlichen Ergebnissen kam KESSLER (1998) bei Legehühnern.

Das Halothan hatte ähnlich wie bei Puten (GRÖSCHL, 1998) nur einen geringen Einfluss auf die mitochondriale Atmungsaktivität der Enten. Bei den männlichen Puten konnten tendenziell höhere Sauerstoffverbrauchswerte bei den Kontrolltieren bestimmt werden, und die ADP/ O-Werte waren bei der Versuchsgruppe etwas geringer ausgeprägt. Bei den weiblichen Tieren zeigte sich im Vergleich zu den Probanden der Kontrollgruppe eine leichte Überlegenheit der behandelten Tiere.

Ähnliche Ergebnisse wie bei GRÖSCHL (1998) ergaben sich auch in der vorliegenden Untersuchung bei den männlichen Enten. Hier war der ADP/ O-Wert der behandelten männlichen Tiere ebenfalls höher als bei den Kontrolltieren. Der Sauerstoffverbrauch der Versuchstiere lag jedoch im Gegensatz zu den Puten ebenfalls über den Werten, die von den Kontrolltieren erreicht wurden. Die Ergebnisse, die bei den weiblichen Tieren bestimmt werden konnten, bestätigen dagegen für alle Parameter die Ergebnisse von GRÖSCHL (1998). Auch hier waren die behandelten Tiere den unbehandelten in allen Merkmalen leicht überlegen.

#### **5.4.2 Korrelationen zwischen der mitochondrialen Atmungsaktivität und der Entwicklung der Lebendmasse**

Bei den männlichen Tieren ergaben sich größtenteils positive Zusammenhänge zwischen dem mitochondrialen Sauerstoffverbrauch und der Mastleistung. Der ADP/ O-Wert und der Respiratorische Kontrollquotient korrelierten jedoch überwiegend negativ mit der Gewichtsentwicklung der Tiere (siehe Tab. 43, 45 u. 47). Eine ausgeprägte mitochondriale Stoffwechselaktivität ist demnach nicht gleichbedeutend mit einer ausgeprägteren Mastleistung. Bei den männlichen Enten ist eher das Gegenteil der Fall, da eine effizienter ablaufende oxidative Phosphorylierung in unseren Untersuchungen eher mit geringeren Zunahmen verbunden war. Diese Ergebnisse ließen sich allerdings nicht statistisch belegen.

GRÖSCHL (1998) bestimmte bei den männlichen Puten in diesem Zusammenhang insbesondere zum Ende der Mast überwiegend positive Korrelationen zwischen den genannten Parametern.

Daraus wird abgeleitet, dass durch die Messung der mitochondrialen Atmungsaktivität im Lebergewebe Rückschlüsse auf die Zuwachsleistung möglich sind.

Bei den weiblichen Enten konnten in Abhängigkeit von der Vorbruttemperatur verschieden gerichtete Zusammenhänge bestimmt werden. Zum Mastende hin bestanden jedoch ausschließlich positive Zusammenhänge zwischen dem mitochondrialen Sauerstoffverbrauch und dem Gewichtszuwachs. Ähnliche Korrelationen bestanden zwischen dem ADP/O-Wert und der Gewichtsentwicklung (siehe Tab. 44, 46 u. 48). Bei den Tieren jedoch, die erhöhten Bruttemperaturen ausgesetzt waren, korrelierte die Mastleistung in den letzten vier Lebenswochen ähnlich wie bei den männlichen Probanden signifikant negativ mit der Effizienz der oxidativen Phosphorylierung. Bei weiblichen Puten errechnete GRÖSCHL (1998) dagegen negative Korrelationen zwischen der mitochondrialen Atmungsaktivität im Lebergewebe und dem Zuwachs, während die Effizienz der oxidativen Phosphorylierung analog zu den weiblichen Enten positiv mit der Gewichtsentwicklung korrelierte.

Die hier gewonnenen Ergebnisse lassen demnach keine eindeutigen Aussagen bezüglich der Eignung der mitochondrialen Stoffwechselaktivität als Indikator für verbesserte Zuwachsleistung zu.

Durch die Modifikation der Bruttemperaturen konnten ebenfalls keine deutlicheren Aussagen bezüglich der Zusammenhänge zwischen den betreffenden Parametern getroffen werden. Eindeutige Rückschlüsse auf die Mastleistung lassen sich mit Hilfe der mitochondrialen Stoffwechselaktivität im Lebergewebe auch bei alternativen Brutbedingungen bei der Flugente nicht ziehen.

## 5.5 Schilddrüsenhormone

Aufgrund des bei den Flugenten stark ausgebildeten Geschlechtsdimorphismus wurde in der hier vorliegenden Arbeit zunächst untersucht, ob die Hormongehalte zwischen männlichen und weiblichen Probanden variieren. Dabei ergaben sich ähnlich wie bei Puten (GRÖSCHL, 1998) Unterschiede zugunsten der weiblichen Enten. Im Vergleich zu den Puten zeigten dabei auch die weiblichen Tiere der bei geringen Temperaturen inkubierten Gruppe im Vergleich zu den männlichen signifikant höhere Thyroxingehalte (siehe Tab. 56 u. 57 u. Abb. 23).

Bei der Betrachtung der Thyroxinkonzentrationen in Abhängigkeit von der Höhe der Bruttemperatur konnten ähnliche Ergebnisse bestimmt werden, wie sie GAULY et al. (2001) bei Mastputen ermittelten.

Auch bei den Flugenten konnten die höchsten Hormonkonzentrationen bei den Tieren der Kontrollgruppe gemessen werden, was sich für die Gehalte ungebundenen Thyroxins bei beiden Geschlechtern zum Teil auch statistisch belegen ließ.

Hier lagen die bestimmten Konzentrationen bis zu 20 % unter den Werten der Kontrollgruppe. Im Gegensatz zu den Ergebnissen von DECUYPERE (1984) und BOWEN (1985) führten erniedrigte Bruttemperaturen nicht zu erhöhten Thyroxingehalten, sondern hier wurden die geringsten Werte bestimmt. Die Gruppe, die bei erhöhten Temperaturen inkubiert wurde, zeigte im Vergleich zu den Werten der Kontrollgruppe gleich hohe oder niedrigere Werte, wobei diese wider Erwarten deutlich über den Hormongehalten der Gruppe lagen, die erniedrigten Bruttemperaturen ausgesetzt war (siehe Tab. 56 u. 57).

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung stehen im Gegensatz zu den Resultaten von DECUYPERE (1984) und BOWEN (1985), sind jedoch ähnlich ausgeprägt wie die Erkenntnisse von GAULY et al. (2001). Die unterschiedlichen Aussagen könnten auf die verschiedene Einwirkdauer der suboptimalen Temperaturen auf die Versuchsgruppen zurückzuführen sein. In den oben zuerst aufgeführten Quellen sind die Tiere im Vergleich zu dieser Untersuchung und der Arbeit von GAULY et al. (2001) nur kurz den alternativen Temperaturen ausgesetzt gewesen. In der vorliegenden Untersuchung und dem Versuch von GAULY et al. (2001) wurde die gesamte Vorbrut bei erhöhten bzw. bei erniedrigten Temperaturen durchgeführt.

Die Halothaneinwirkung führte bei den unbehandelten Tieren im Vergleich zu den behandelten Enten zu erhöhten Hormongehalten. Ähnliches stellte GRÖSCHL (1998) bei Puten fest.

Während der Unterschied bei den männlichen Flugenten nur schwach ausgeprägt war, konnten bei den weiblichen Tieren deutlichere Differenzen ausgemacht werden. Hier bewegten sich die Thyroxingehalte der behandelten Enten 11-14 % unter den T<sub>4</sub>-Spiegeln der unbehandelten Probanden. Bei den weiblichen Tieren wirkte sich die Halothanbehandlung demnach stärker als die variierenden Bruttemperaturen auf die Thyroxinkonzentrationen aus. Bei den männlichen Enten war eher das Gegenteil der Fall.

Das Halothan bewirkte bei den Flugenten eine mehr oder weniger stark ausgeprägte Reduktion der T<sub>4</sub>-Gehalte, die gegebenenfalls in Zusammenhang mit der eingeschränkten Gewichtsentwicklung der behandelten Tiere stehen könnte.

### **5.5.1 Korrelationen zwischen der Höhe des Thyroxinspiegels, der embryonalen Atmung und dem Gewichtszuwachs**

Die Berechnung der Korrelationen zwischen der embryonalen Atmung und dem Thyroxingehalt im Blutplasma ergab in Abhängigkeit von der Vorbruttemperatur erwartungsgemäß überwiegend positive Zusammenhänge, wobei die berechneten Korrelationen für die bei Optimaltemperatur bebrüteten männlichen Enten, hochsignifikant waren (siehe Tab. 59). Hier könnten demnach durch die Erfassung der embryonalen Atmung Aussagen über den späteren Thyroxingehalt und damit über die Stoffwechselaktivität ermöglicht werden.

Auch zwischen der Entwicklung der Lebendmasse und den Thyroxingehalten bestanden zum Teil positive Zusammenhänge. Bei den Tieren, die bei erniedrigten Temperaturen inkubiert wurden, konnten ausschließlich positive Zusammenhänge bestimmt werden, die sich teilweise auch statistisch belegen ließen (siehe Tab. 65).

Diese Ergebnisse gehen konform mit den Literaturangaben, wonach physiologische Schilddrüsenhormongehalte zu einer anabolen Stoffwechsellaage mit positiver Stickstoffbilanz und erhöhter Proteinbiosynthese führen (BUDDECKE, 1989).

Bei den Tieren der anderen beiden Temperaturgruppen ergaben sich hingegen nur noch für die optimal bebrüteten weiblichen Enten positive Korrelationen zwischen der Höhe des  $T_4$ -Spiegels und der Gewichtsentwicklung, diese waren jedoch auch mehrfach statistisch signifikant (siehe Tab. 66). Trotz zunehmender  $T_4$ -Gehalte im Blutplasma der bei höheren Temperaturen inkubierten Tiere konnten keine verbesserten Zunahmen realisiert werden. Wider Erwarten ergaben sich dagegen überwiegend negative Korrelationen zwischen den beschriebenen Parametern. Daraus folgt, dass Rückschlüsse von der Höhe des Thyroxinspiegels auf die Lebendmasseentwicklung nur bei erniedrigten Bruttemperaturen inkubierten Tieren bzw. bei Optimaltemperatur bebrüteten weiblichen Tieren möglich sind.

Bei halothanbehandelten Enten ergaben sich im Vergleich zu den unbehandelten Tieren nahezu ausschließlich positive Korrelationen zwischen dem Hormonspiegel und der Gewichtsentwicklung, die bei den weiblichen Tieren auch hochsignifikant waren (siehe Tab. 69). Eine Absenkung der Bruttemperaturen führt demnach offenbar zu einer Verstärkung der anabolen Wirkung des Thyroxins, bei gleichzeitig im Vergleich zur Kontrollgruppe verringerten Konzentrationen.



## 5.6 Mitochondriale Enzymaktivität

In der vorliegenden Untersuchung ergaben sich, wie zu erwarten war, für die männlichen Tiere um etwa 14 % höhere SDH-Aktivitäten als für die weiblichen, was sich zum Teil auch statistisch absichern ließ. Auch bei der GLDH-Wirkung im Lebergewebe waren die männlichen den weiblichen deutlich (ca. 9 %) überlegen. Die GLDH-Aktivitäten in Herzgewebe ließen allerdings keine derart eindeutigen Aussagen zu. Hier zeigten die weiblichen Tiere ähnlich hohe und mehrheitlich leicht höhere Enzymaktivitäten (siehe Tab. 71 u. Abb. 24). Diese Ergebnisse stehen im Gegensatz zu den von GRÖSCHL (1998) ermittelten Erkenntnissen. Hier zeigten die weiblichen Puten erheblich höhere Enzymaktivitäten. Die Autorin führt dies auf das unterschiedliche Alter der Puten zum Zeitpunkt der Schlachtung zurück. In der vorliegenden Untersuchung wurden die Enten alle im Alter von 14 Wochen geschlachtet, so dass der von GRÖSCHL (1998) beschriebene Alterseffekt ausgeschlossen war.

Die Halothanbehandlung hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Enzymaktivitäten der Enten. Bei den männlichen Tieren waren die unbehandelten den behandelten leicht überlegen, woraus geschlossen werden kann, dass sich das Halothan nachhaltig auf die Stoffwechselaktivität auswirkt, wodurch die verringerten Gewichtszuwächse zu erklären wären. Im Gegensatz dazu ergaben sich bei den weiblichen Tieren bei den behandelten Probanden höhere Enzymaktivitäten. Hier hatte das Halothan offenbar keinen reduzierenden Effekt auf die Enzymwirkung, trotzdem nahmen die behandelten Puten weniger zu als die unbehandelten.

Bei der Betrachtung der Enzymaktivitäten bei verschiedenen Bruttemperaturen ergab sich nur zwischen den SDH-Aktivitäten im Lebergewebe der männlichen Tiere der optimal inkubierten Gruppe und den männlichen Probanden, die bei erhöhten Temperaturen bebrütet wurden, ein signifikanter Unterschied zugunsten der letzteren Versuchsgruppe (siehe Tab. 71 u. Abb. 24).

Insgesamt waren die vorliegenden Ergebnisse nicht eindeutig. Zum Teil sind die Enzymaktivitäten in den einzelnen Körpergeweben in Abhängigkeit von der Vorbruttemperatur nicht gleichgerichtet ausgebildet, so dass sich anhand dieser Ergebnisse keine klaren Aussagen treffen lassen.

### **5.6.1 Korrelationen zwischen der mitochondrialen Enzymaktivität und der Entwicklung der Lebendmasse**

Bei den Flugenten konnten zwischen der SDH-Aktivität und der Gewichtsentwicklung unabhängig von der Höhe der Bruttemperatur überwiegend negative Korrelationen bestimmt werden. Lediglich bei den männlichen Tieren der optimal bebrüteten Gruppe ergaben sich gegen Ende der Mast positive Zusammenhänge, die sich in einem Fall auch statistisch belegen ließen.

Ähnlich wie bei den SDH-Aktivitäten konnten auch zwischen den GLDH-Aktivitäten und der Lebendmasseentwicklung überwiegend negative Zusammenhänge bestimmt werden. Diese Ergebnisse ließen sich zum Teil auch statistisch absichern und waren bei den weiblichen Tieren der optimal inkubierten Gruppe teilweise hochsignifikant (siehe Tab. 75, 76 u. 77).

Im Vergleich dazu ergaben sich bei Puten (GRÖSCHL, 1998) die höchsten Enzymaktivitäten bei den bei Optimaltemperatur inkubierten Tieren, die auch die höchste Mastleistung aufwiesen. Zusätzlich konnten mit Ausnahme der negativen Zusammenhänge zwischen der Enzymaktivität im Lebergewebe und der Mastleistung der männlichen Tiere, ausschließlich positive Korrelationen zwischen der Enzymaktivität und der Mastleistung errechnet werden, die sich für die weiblichen Tiere auch statistisch absichern ließen.

Durch die Halothaneinwirkung waren die errechneten Korrelationen zwischen der Enzymaktivität und der Gewichtsentwicklung zum Teil stärker ausgeprägt und ließen sich auch statistisch belegen, so dass deutlichere Aussagen durch die Halothaneinwirkung ermöglicht werden könnten (siehe Tab. 78 u. 83).

Die beschriebenen Ergebnisse stehen im Widerspruch zu denen, die in der Literatur beschrieben werden. Hier ist eine höhere Mastleistung mit ausgeprägteren Enzymaktivitäten verbunden (PROUDMANN, 1975 u. PAVEL, 1985). Dies konnte durch die Ergebnisse bei den Enten nicht bestätigt werden. Im Gegensatz zu den Puten (GRÖSCHL, 1998) und zu den Hühnern (PROUDMANN, 1975 u. PAVEL, 1985), ergaben sich überwiegend negative Zusammenhänge zwischen dem Wachstumsvermögen der Enten und der mitochondrialen Enzymaktivität.

## **5.7 Herz- und Lebergewicht**

In der vorliegenden Untersuchung zeigten die männlichen Tiere aufgrund ihrer um etwa 40 % größeren Körpermasse wie erwartet erheblich größere Herz- und Lebergewichte (siehe Tab. 96 u. Abb. 25). Die Herzmassen der männlichen Enten lagen dabei um etwa 33 % und die Lebergewichte um ca. 44 % über den Gewichten der betreffenden Organe der weiblichen Probanden. Diese Unterschiede waren mit Ausnahme der Differenzen zwischen den relativen Lebergewichten höchstsignifikant. Diese Ergebnisse bestätigen die Resultate von GRÖSCHL (1998), die bei männlichen Puten, die ebenfalls deutlich größer waren als die weiblichen, ebenfalls wesentlich größere Organgewichte bestimmte.

Die Behandlung mit dem Halothan wirkte sich lediglich auf die Größe der Herzen aus. Die unbehandelten Tiere wiesen im Mittel 4,5 % höhere Herzgewichte auf.

Ein erwarteter Effekt auf das Gewicht der Leber konnte dagegen nicht ermittelt werden, die Halothanbehandlung wirkte sich nicht lebervergrößernd aus. Das Gegenteil war der Fall, die Organe der unbehandelten Enten zeigten in unseren Untersuchungen leicht höhere Gewichte (siehe Tab. 96 u. 97).

Die Höhe der Bruttemperaturen hatte nur auf die Ausprägung der relativen Lebergewichte weiblicher Enten einen signifikanten Einfluss. Zu vernachlässigende Differenzen zeigten sich bezüglich der Herzgewichte. Diese Ergebnisse stehen im Gegensatz zu den Resultaten von WILLIAMSON (1985) und YAHAV (1999), die geringere Herzgewichte bei hitzestressen Hühnern bestimmten.

Stärker ausgeprägt waren die Unterschiede bei den Lebergewichten. Hier zeigten sich bei den männlichen Tieren der optimal inkubierten Gruppe die geringsten Lebergewichte, die höchsten Lebermassen bei der Gruppe, die bei erniedrigten Temperaturen bebrütet wurde. Bei den weiblichen Enten nahm das absolute Lebergewicht mit zunehmender Bruttemperatur ab. Die geringsten relativen Lebergewichte wurden hingegen bei der optimal bebrüteten Gruppe gemessen (siehe Abb. 25 u. 26). Die Ergebnisse bezüglich der absoluten Lebergewichte bestätigen die Erkenntnisse von WILLIAMSON (1985) und YAHAV (1999), die bei hitzestressen Hühnern verringerte Organgewichte bestimmten.

### **5.7.1 Korrelationen zwischen den Organgewichten, der embryonalen Atmungsaktivität und der Mastleistung**

Die Berechnung der Korrelationen zwischen den Organgewichten und der embryonalen Atmungsaktivität ergab, unabhängig von der Bruttemperaturhöhe hochsignifikant positive

Zusammenhänge zwischen dem embryonalen O<sub>2</sub>-Verbrauch und den Herzgewichten der männlichen Enten. Bei den weiblichen Probanden konnten in diesem Zusammenhang ebenfalls ausschließlich positive Korrelationen berechnet werden, die sich aber nur für die Tiere, die erhöhten Bruttemperaturen ausgesetzt waren, statistisch absichern ließen (siehe Tab. 98). Daraus folgt, dass eine ausgeprägte embryonale Atmungsaktivität als Indikator für erhöhte Herzgewichte genutzt werden könnte. Davon ausgehend, dass höhere Herzgewichte gleichbedeutend sind mit einer stärkeren Herzaktivität, könnte postuliert werden, dass die Tiere, die über eine höhere embryonale Atmungsaktivität verfügen, auch postnatal größere Sauerstoffverbrauchswerte zeigen.

Dies sollten die berechneten Zusammenhänge zwischen der Gewichtsentwicklung und den Herzgewichten der suboptimal inkubierten männlichen Tiere unterstreichen. Hier ergaben sich negative Beziehungen, die zum Teil signifikant bis hochsignifikant waren. Eine höhere Atmungsaktivität wäre demnach verbunden mit einer geringeren Lebendmasseentwicklung. Zu ähnlichen Ergebnissen kam auch GRÖSCHL (1998) bei Puten. STEWART et al. (1980) beobachteten bei auf O<sub>2</sub>-Verbrauch selektierten Legehühnern ebenfalls einen negativen Zusammenhang zwischen dem Sauerstoffverbrauch und der Zuwachsleistung. Auch OWENS (1971) fand bei Hühnerlinien mit verschiedener Zuwachsleistung einen signifikant höheren Sauerstoffverbrauch, verbunden mit einer schlechteren Futterverwertung.

In unseren Untersuchungen konnten ähnlich gerichtete Korrelationen jedoch nur bei den bei suboptimalen Bruttemperaturen inkubierten männlichen Enten bestimmt werden (siehe Tab. 100 u. 102). Bei den optimal bebrüteten Enten ergaben sich dagegen überwiegend positive Zusammenhänge, die sich teilweise auch statistisch belegen ließen (siehe Tab. 101). Ähnliches wird auch von JACKSON (1996) und KONARZEWSKI et al. (2000) bei Broilern beschrieben. RICKLEFS et al. (1985) fanden dagegen bei Wachteln verschieden schnell wachsender Linien keine Unterschiede zwischen den Organgewichten.

Bei den weiblichen Enten war die Höhe der absoluten Herzgewichte, ähnlich wie bei JACKSON (1996) und KONARZEWSKI et al. (2000), vornehmlich positiv verbunden mit der Lebendmasseentwicklung. Die Herzgewichte in Relation zur Körpermasse waren dagegen negativ korreliert mit dem Gewichtszuwachs, was mit den Ergebnissen von OWENS (1971), STEWART et al. (1980) und GRÖSCHL (1998) konform ginge.

Durch die Halothanbehandlung ließen sich die in diesem Zusammenhang beschriebenen Korrelationen weder bei den männlichen noch bei den weiblichen Enten deutlicher hervorheben.

Analog zu den Herzgewichten wurden auch die Beziehungen zwischen der embryonalen Atmung und den Lebergewichten berechnet. Hier ergaben sich geschlechts- und temperaturunabhängig nur gering ausgeprägte Korrelationen, so dass im Vergleich zu den Herzgewichten über die Erfassung der embryonalen Atmungsaktivität keine Aussagen über die späteren Lebergewichte getroffen werden können (siehe Tab. 99).

Bei der Betrachtung der Zusammenhänge zwischen den Lebergewichten und der Gewichtsentwicklung konnten bei den bei suboptimalen Bruttemperaturen inkubierten Tieren im Gegensatz zu den bestimmten Korrelationen zwischen den Herzgewichten und der Gewichtsentwicklung überwiegend positive Korrelationen bestimmt werden, die sich teilweise auch statistisch belegen liessen und insbesondere zum Mastende statistisch hochsignifikant waren. Davon abweichend korrelierten die Lebergewichte der männlichen Tiere, die bei Optimaltemperaturen inkubiert wurden, zu Mastbeginn überwiegend negativ mit den Lebergewichten. Zum Ende der Mast ergaben sich dann jedoch auch hier zum Teil hochsignifikant positive Korrelationen (siehe Tab. 103-105). Höhere Lebergewichte waren danach zum Mastende ähnlich wie bei JACKSON (1996) und KONARZEWSKI et al. (2000) bei Hühnern auch bei den Flugenten mit erhöhten Zuwachseleistungen korreliert.

Die Halothanbehandlung wirkte sich ähnlich wie bei den Herzgewichten kaum auf die Ausprägung der berechneten Korrelationen aus, so dass durch die Halothaneinwirkung keine deutlicheren Aussagen bezüglich der Beziehungen zwischen den genannten Parametern ermöglicht werden.

## **5.8 Histometrie und Fleischbeschaffenheit**

Analog zu den Ergebnissen von KNUST et al. (2000) konnten in der vorliegenden Untersuchung ebenfalls nur sehr geringe Unterschiede bezüglich der Faserabmessungen zwischen den Geschlechtern bestimmt werden. Tendenziell zeigten hier jedoch die weiblichen Tiere größere Faserabmessungen (siehe Tab. 122). Diese Differenz ließ sich aber nicht statistisch absichern. Im Vergleich zu den von KNUST et al. (2000) bestimmten Faserabmessungen bei Flugenten konnten in der vorliegenden Arbeit nur wesentlich kleinere Querschnitte bestimmt werden. Diese bewegten sich eher in dem von BAEZA (2000) beschriebenen Bereich zwischen etwa  $493 \mu\text{m}^2$  und  $1524 \mu\text{m}^2$ . Ähnlich wie bei KNUST et al. (2000) wurden auch bei den für die vorliegende Arbeit untersuchten Enten keine Riesenfaser gefunden. Danach scheint es bei der Flugente im Zuge der Verbesserung der Mastleistung nicht zu histopathologischen Veränderungen zu kommen,

wie dies bei Broilern (STEPHAN, 1993), Puten (DUBRITZ, 1985; WILSON et al., 1990 und CHEREL, 1995) und Schweinen (FINGER et al. 1982, 1986) beobachtet wurde.

Bezüglich der Fleischbeschaffenheit ermittelte BAEZA (1998) bei 8-15 Wochen alten Flugenten 20-24 Stunden post mortem pH-Werte im Bereich von 5,85-6,41. Analog dazu bewegten sich auch in dieser Untersuchung die bestimmten pH-Werte 45 Minuten nach der Schlachtung zwischen 5,77 und 5,88, so dass zu erwarten ist, dass nach 20-24 Stunden post mortem Werte in dem von BAEZA (1998) angegebenen Bereich zu messen gewesen wären.

### **5.8.1 Ausprägung der histometrischen Merkmale und der Fleischbeschaffenheit in Abhängigkeit von den Vorbrutbedingungen**

Die Höhe der Vorbruttemperatur wirkte sich deutlich auf die Abmessungen der Fasern aus. Hier zeigten die bei Optimaltemperatur inkubierten Enten zum Teil signifikant größere Faserabmessungen als die Tiere, die suboptimalen Bruttemperaturen ausgesetzt waren.

Die Halothaneinwirkung wirkte sich lediglich auf die Höhe des pH-Wertes signifikant aus. Dabei zeigten die unbehandelten Tiere signifikant geringere pH-Werte als die behandelten Probanden, gleichzeitig konnten bei letzteren tendenziell höhere Faserquerschnitte gemessen werden (siehe Tab. 122 u. 123). Erhöhte Faserflächen stehen im Zusammenhang mit geringen post-mortalen pH-Werten (BERGMANN, 1974), so dass die geringeren pH-Werte sich auf die tendenziell größeren Faserquerschnitte zurückführen lassen könnten.

GRÖSCHL (1998) fand dagegen bei halothanbehandelten Puten signifikant höhere Faserquerschnitte als bei unbehandelten Tieren.

### **5.8.2 Korrelationen zwischen den histometrischen Parametern, der Fleischbeschaffenheit sowie der Atmungsaktivität und der Gewichtsentwicklung**

Die Korrelationen zwischen den die Faserabmessungen betreffenden Merkmalen bewegten sich nahe 1, was auf Scheinkorrelationen schließen lässt. Der pH-Wert war wie erwartet negativ und die elektrische Leitfähigkeit positiv mit den Abmessungen der Fasern korreliert. Statistisch belegen ließen sich diese Zusammenhänge jedoch nicht (siehe Tab. 124).

Durch die Variation der Vorbedingungen waren die beschriebenen Zusammenhänge nicht deutlicher darzustellen.

Zwischen der embryonalen Atmung, den histometrischen Merkmalen und der Fleischbeschaffenheit ergaben sich nur gering ausgeprägte Korrelationen.

Die hier bestimmten Zusammenhänge deuten tendenziell daraufhin, dass die Fleischqualität mit zunehmenden embryonalen Atmungsaktivitäten bei beiden Geschlechtern abnimmt. In Abhängigkeit vom Geschlecht war ein zunehmender embryonaler Sauerstoffverbrauch bei den weiblichen Enten tendenziell gekoppelt mit größeren Faserabmessungen, bei den männlichen dagegen mit geringeren Fasermaßen (siehe Tab. 130-131).

Da diese Ergebnisse jedoch nicht statistisch abzusichern waren und auch zwischen den Temperaturgruppen leichte Differenzen bezüglich der Ausprägung der beschriebenen Zusammenhänge bestanden, können anhand dieses Datenmaterials bzw. mit Hilfe der Erfassung der embryonalen Atmungsaktivität keine Aussagen bezüglich der Ausprägung histometrischer Merkmale und der Fleischbeschaffenheit gemacht werden.

Die Merkmale der mitochondrialen Atmungsaktivität waren in Abhängigkeit von Geschlecht und Vorbruttemperatur unterschiedlich ausgeprägt. Bei den männlichen Tieren konnten zwischen dem ADP/ O-Wert und der Höhe des pH-Wertes überwiegend negative Zusammenhänge bestimmt werden, die für die bei Optimaltemperatur inkubierten Tiere auch statistisch signifikant waren. Ähnlich gerichtete Zusammenhänge ergaben sich zwischen dem mitochondrialen Sauerstoffverbrauch und dem pH-Wert (siehe Tab. 132-137).

Bei den weiblichen Enten waren höhere pH-Werte ebenfalls verbunden mit einer geringeren mitochondrialen Atmungsaktivität, jedoch waren im Gegensatz zu den männlichen Tieren höhere ADP/ O-Werte verbunden mit niedrigeren pH-Werten. Letzteres war eher zu erwarten gewesen, da es mit zunehmender Größe der Fasern zu einer Verschiebung des Fasertypenverhältnisses zu Gunsten der Typ IIB-Fasern kommt, die nach BERMANN (1974) und KNUST et al. (2000) über weniger Mitochondrien verfügen, wodurch der pH-Wert post mortem durch die unter anaeroben Bedingungen ablaufende Glycolyse sehr schnell stark absinkt.

Diese Annahme wird unterstützt durch die berechneten Korrelationen zwischen der Höhe des mitochondrialen Sauerstoffverbrauchs und der Größe der Muskelfasern der weiblichen Tiere. Hier ergaben sich bei 37,5 °C ausschließlich negative Zusammenhänge. Größere Faserabmessungen waren demnach verbunden mit einer eingeschränkten Atmungsaktivität, was auf die geringere Anzahl von Mitochondrien in größeren Muskelfasern zurückzuführen sein könnte.

Bei den männlichen Tieren war der mitochondriale Sauerstoffverbrauch dagegen überwiegend negativ mit der Größe der Fasern korreliert. Dies könnte damit erklärt werden, dass die Fasern aller Typen bei den männlichen Tieren im Vergleich zu denen der weiblichen größere Abmessungen aufweisen und dass demzufolge mehr Mitochondrien in den größeren

Muskelfasern des Typs IIa zu finden sind, wodurch höhere Atmungsaktivitäten mit zunehmenden Faserabmessungen bestimmt wurden.

Durch die Halothanbehandlung war eine deutlichere Hervorhebung der Korrelationen zwischen den genannten Parametern nicht möglich.

Zwischen der Gewichtsentwicklung und den histometrischen Merkmalen konnten die nachfolgend beschriebenen Korrelationen bestimmt werden. Bei den Enten ergaben sich erwartungsgemäß bruttemperaturunabhängig negative Korrelationen zwischen einem hohen Muskelansatzvermögen und der Höhe des pH-Wertes (siehe Tab. 152-157). Dies war zu vermuten, da ähnliches auch bei anderen Mastgeflügelarten (STEPHAN, 1993) und bei Schweinen (LIMPER, 1990) beobachtet worden ist. Hohe Muskelfleischanteile stehen danach in negativem Zusammenhang mit der Fleischbeschaffenheit.

Bei den männlichen Tieren konnten des weiteren positive Zusammenhänge zwischen der Fläche der Muskelfasern und dem Körpergewicht ermittelt werden (siehe Tab. 156). Dies wird ebenfalls in der Literatur beschrieben (SOIKE, 1995 und GRÖSCHL, 1998).

Bei den weiblichen Enten waren dagegen höhere Körpergewichte verbunden mit einer höheren Anzahl von Muskelfasern und verringerten Faserquerschnitten. Dies ließe darauf schließen, dass bei den weiblichen Enten die Voraussetzungen für erhöhte Mastleistungen schon im Embryonalstadium durch eine verstärkte Muskelfaserzunahme (Hyperplasie) geschaffen werden und ein erhöhter Muskelanteil in erster Linie durch eine vergrößerte Anzahl von Fasern und dann erst durch deren Hypertrophie hervorgerufen wird.

## **5.9 Schlussbetrachtung**

Abschließend bleibt festzuhalten, dass sich durch die Variation der Vorbrutbedingungen die beschriebenen Korrelationen zum Teil deutlicher darstellen und teilweise auch statistisch absichern ließen, so dass der zusätzlich auf die Embryonen einwirkende Stress gerechtfertigt erscheint, zumal sich die Temperaturveränderungen noch deutlich im physiologischen Bereich bewegten und auch die Halothanbehandlung, wie an dem Schlupfergebnis zu sehen war, die Überlebensfähigkeit der Embryonen im Vergleich zu den nicht behandelten Probanden nicht überstrapazierte.

Durch die Variation der Brutbedingungen könnte daher schon während der Brut eine gewisse Vorselektion auf Vitalität stattfinden. Dadurch könnten Prüfungskapazitäten bei der späteren Leistungsprüfung effizienter genutzt werden, da nur die widerstandsfähigsten Küken zum Schlupf kämen und die weniger vitalen nicht mehr aufgezogen und geprüft werden müßten.



Durch die Erfassung der embryonalen Atmung konnte bruttemperaturunabhängig deutlich zwischen männlichen schlupffähigen und nicht schlupffähigen Embryonen differenziert werden. Des weiteren ergaben sich erhebliche Unterschiede zwischen den Stoffwechselaktivitäten von männlichen und weiblichen Probanden. Die Differenzierung der Bruttemperatur ermöglichte zusätzlich eine Unterscheidung von schlupffähigen weiblichen Enten und nicht schlupffähigen Embryonen, wobei jedoch nicht die Sicherheit erzielt wird, wie dies bei der Anwendung der herkömmlich angewendeten Methoden möglich ist. Dennoch ergäbe sich daraus, wenn auch mit eingeschränkter Sicherheit, die Möglichkeit einer vorzeitigen Geschlechtertrennung schon 10 Tage vor dem Schlupf. Dies ließe sich insbesondere bei der Selektion von Zuchttieren nutzen.

Außerdem könnten auf diese Weise die nicht schlupffähigen Embryonen schon vorzeitig aus den Brütern entfernt werden, wodurch sich hygienische Vorteile ergäben, und Kapazitäten in den Brütereien eingespart werden.

Die Berechnung der Korrelationen zwischen der embryonalen Atmung und der späteren Mastleistung, vor dem Hintergrund bereits zu einem frühestmöglichen Zeitpunkt eine Aussage bezüglich der Zuwachsleistung der entsprechenden Tiere treffen zu können, ergab in Abhängigkeit von der Bruttemperatur verschieden ausgerichtete Zusammenhänge. Eine deutlichere Darstellung der Zusammenhänge konnte durch die suboptimalen Brutbedingungen nicht erreicht werden. Bei Optimaltemperaturen wurden jedoch positive Korrelationen berechnet. Insbesondere die Korrelationen zwischen dem embryonalen Sauerstoffverbrauch am 26. Bruttag und der Gewichtsentwicklung erreichten bei beiden Geschlechtern hohe Werte, die auch statistisch hochsignifikant waren, so dass postuliert werden könnte, dass durch die Erfassung der embryonalen Atmung schon während der Brut eine indirekte Selektion auf die spätere Mastleistung möglich ist.

Zusätzlich zu den schon beschriebenen Merkmalen konnten durch die unterschiedlichen Brutbedingungen variierende Schilddrüsenhormonspiegel bei den Enten der einzelnen Gruppen bestimmt werden. Des weiteren konnten positive Korrelationen zwischen den  $T_4$ -Gehalten und dem Körperzuwachs bestimmt werden, die sich bei suboptimal inkubierten Tieren auch statistisch absichern ließen.

Die Erfassung von die Stoffwechselaktivität beeinflussenden zellphysiologischen Merkmalen könnte demnach eine effizientere Selektion auf Mastleistung ermöglichen und so zusätzlich zu den bisher genutzten züchterischen Mitteln, den Zuchtfortschritt noch stärker voranschreiten lassen.

---

In nachfolgenden Untersuchungen müssten bei genetisch definierten Tierfamilien zusätzlich zu den, in der hier vorliegenden Arbeit bestimmten phänotypischen Korrelationen die genetischen Korrelationen und die Heritabilitäten für die betreffenden Merkmale berechnet werden, um Zuchtwerte bestimmen zu können, und um anschließend mit Hilfe dieser Informationen gegebenenfalls einen zellphysiologischen Selektionsindex aufstellen zu können.

## 6. Zusammenfassung

Ziel der hier vorliegenden Arbeit war es zu analysieren, inwieweit es möglich ist, durch die Erfassung zellphysiologischer Sekundärmerkmale, insbesondere durch Parameter, die zu einem frühestmöglichen Zeitpunkt zu ermitteln sind, speziesübergreifend Aussagen über die spätere Leistungsfähigkeit der geprüften Tiere zu treffen. Im Mittelpunkt stand dabei die embryonale Atmungsaktivität, des weiteren wurden mitochondriale Stoffwechselparameter, endokrinologische Kriterien, ausgewählte Organgewichte und die Entwicklung der Lebendmasse bestimmt.

Zusätzlich erfolgte eine Modifikation der Brutbedingungen, um zu klären, ob sich bestehende Zusammenhänge durch suboptimale Bruttemperaturen und eine Halothanbehandlung deutlicher darstellen lassen. Dabei sollte durch die Inkubation bei suboptimalen Bedingungen schon während der Brut eine Vorselektion auf Vitalität erfolgen.

Zu diesem Zweck wurden 670 Flugteneier der Linie R 71 des Zuchtunternehmens Grimaud und Brinkmann (Balve-Beckum) bei verschiedenen Bruttemperaturen bebrütet (36,5; 37,5 und 38,5 °C).

Bei allen Bruteiern erfolgte am 25. Bruttag die Erfassung der embryonalen Atmungsaktivität, am 26. Inkubationstag wurde dann bei der Hälfte der Eier eine Halothanbehandlung mit anschließender Aufzeichnung des O<sub>2</sub>-Verbrauchs durchgeführt.

Die Höhe der Bruttemperatur wirkte sich nachhaltig auf die Stoffwechselaktivität und die Entwicklung der Lebendmasse aus. Insbesondere die embryonale Atmungsaktivität variierte in Abhängigkeit von der Bruttemperatur. Zusätzlich ergaben sich deutliche Effekte durch die Halothanbehandlung.

Der Sauerstoffverbrauch stieg mit zunehmender Bruttemperatur, durch die Halothan-einwirkung kam es zu einer Reduktion der Atmungsaktivität. Bei der Erfassung der embryonalen Atmung konnten deutliche Unterschiede zwischen der Stoffwechselaktivität von schlupffähigen und nicht schlupffähigen Probanden gemessen werden. Außerdem veratmeten männliche Embryonen signifikant mehr Sauerstoff als weibliche.

Die alternativen Inkubationsbedingungen wirkten sich negativ auf das Schlupfergebnis aus. Insgesamt betrug die Schlupfrate 39,5 %. Die höchste Embryonensterblichkeit ergab sich bei 36,5 °C, das beste Schlupfergebnis bei 38,5 °C. Das Halothan hatte keinen Einfluss auf die Schlupfrate.

Die Entwicklung der Lebendmasse war bei 38,5 °C bebrüteten Tieren zunächst stärker ausgeprägt als bei den übrigen Gruppen, zum Ende der Mast kompensierten die Tiere der anderen Gruppen diesen Rückstand, und die bei 36,5 °C inkubierten Enten zeigten bei der

Schlachtung die höchsten Gewichte. Die Halothanbehandlung bewirkte in der zweiten Masthälfte fortschreitende Reduktionen der Zunahmen.

Die Höhe der Gewichtsentwicklung korrelierte in Abhängigkeit von den Brutbedingungen mit der embryonalen Atmung, endokrinologischen Kriterien (Thyroxin), der mitochondrialen Stoffwechselaktivität, der mitochondrialen Enzymwirkung (SDH u. GLDH), Herz- und Lebergewichten sowie mit histometrischen Merkmalen.

Die Korrelationen zwischen der Entwicklung der Lebendmasse und dem embryonalen O<sub>2</sub>-Verbrauch waren bei Optimaltemperatur hoch positiv und im Vergleich zu den suboptimalen Temperaturen statistisch hochsignifikant.

Mit zunehmenden Bruttemperaturen nahm die mitochondriale Stoffwechselaktivität der Enten zu. Die halothanbehandelten Tiere waren dabei den unbehandelten leicht überlegen. Bei den männlichen Enten ergaben sich positive Zusammenhänge zwischen der mitochondrialen Atmung und der Mastleistung, die Effizienz der oxidativen Phosphorylierung war hingegen negativ mit dem Zuwachs korreliert. Bei den weiblichen Tieren ergaben sich im Vergleich dazu mit Ausnahme der bei 38,5 °C bebrüteten Tieren positive Zusammenhänge.

Die Thyroxinkonzentrationen waren bei den weiblichen Tieren deutlich höher als bei den männlichen Tieren. Die Höhe der Bruttemperatur wirkte sich deutlich auf die Thyroxinspiegel aus. Die höchsten Gehalte zeigten die Kontrolltiere, die geringsten Werte wurden bei den bei 36,5 °C inkubierten Probanden gemessen. Bei dieser Gruppe war die Höhe des Hormongehaltes signifikant positiv mit der Gewichtsentwicklung der männlichen Enten verbunden. Bei den übrigen Gruppen ergaben sich dagegen negative Zusammenhänge. Für die halothanbehandelten Enten konnten im Vergleich zu den unbehandelten deutlich positive Korrelationen berechnet werden.

Die Enzymaktivität wurde nur in geringem Umfang von den Brutbedingungen beeinflusst. Die Korrelationen zwischen der Enzymaktivität und der Mastleistung waren überwiegend negativ, und ließen sich bei Optimaltemperatur inkubierten Tieren auch statistisch belegen. Deutlicher hervorheben ließen sich die Zusammenhänge bei halothanbehandelten Enten.

Die Höhe der Bruttemperatur beeinflusste signifikant die Lebergewichte, keine deutlichen Unterschiede ergaben sich bei den Herzmassen in Abhängigkeit von der Vorbruttemperatur. Bei den männlichen Enten wurden die höchsten Lebergewichte bei 36,5 °C inkubierten Tieren bestimmt. Bei den weiblichen Tieren nahmen die Gewichte mit zunehmenden Bruttemperaturen ab. Die Halothanbehandlung wirkte sich lediglich auf die Leber- und Herzwerte aus. Behandelte Tiere zeigten geringere Organgewichte als unbehandelte.

Die Lebendmasseentwicklung war bei den männlichen Tieren, die bei 37,5 °C inkubiert wurden, positiv mit den absoluten Herzgewichten verbunden, bei den suboptimal inkubierten Tieren dagegen erst gegen Ende der Mast.

Für die weiblichen Enten konnten überwiegend positive Zusammenhänge berechnet werden. Die Lebergewichte korrelierten nahezu ausschließlich positiv mit der Gewichtsentwicklung. Hier konnten die bestehenden Zusammenhänge jedoch nicht durch die Halothaneinwirkung verdeutlicht werden.

Die Ausprägung der histometrischen Parameter wurde signifikant von der Bruttemperatur beeinflusst. Optimal inkubierte Tiere zeigten signifikant größere Faserabmessungen als die Tiere der anderen Gruppen. Die Halothaneinwirkung hatte dagegen nur einen geringen Einfluss. Bruttemperaturunabhängig ergaben sich negative Zusammenhänge zwischen der Lebendmasseentwicklung und dem pH-Wert. Bei den männlichen Tieren bestanden positive Korrelationen zwischen dem Gewichtszuwachs und der Größe der Faserflächen. Bei den weiblichen Enten wurden hingegen positive Korrelationen zwischen der Faseranzahl und der Gewichtsentwicklung und negative zum Ausmaß der Faserfläche berechnet.

Anhand der embryonalen Atmung ließen sich Aussagen über die Schlupffähigkeit und das Geschlecht treffen. Zusätzlich ergaben sich positive Korrelationen zur Gewichtsentwicklung der betreffenden Tiere.

Die Erfassung von die Stoffwechselaktivität beeinflussenden zellphysiologischen Merkmalen, insbesondere der embryonalen Atmung, könnte demnach zu einer frühzeitigen Selektion eingesetzt werden, um zusätzlich zu den bestehenden züchterischen Methoden den Zuchtfortschritt noch stärker voranschreiten zu lassen, und die Aufwendungen für die Zuchtarbeit durch eine effizientere Nutzung von Kapazitäten senken zu können.

## 7. Summary

The main objective of this paper was to analyse how far it is possible to predict the later performance of the muscovy duck in a very early stage of development using cell-physiological traits. The main focus was put on the embryonic oxygen consumption as well as on some parameters which describe the metabolic activity, the endocrinological function, the organ growth, the growth performance and histometric characteristics were also investigated. In addition to this the hatching conditions were modified in order to investigate whether the given correlations could be demonstrated even more clearly by using suboptimal temperatures and halothan treatment during the hatching period.

For the present study 670 eggs of the genetic line R 71 were produced and collected by the breeding company 'Grimaud Brinkmann'. The eggs were divided into three equal groups which were then incubated under different conditions (36,5, 37,5 and 38,5 °C.). On the 25<sup>th</sup> day of hatching the embryonic oxygen consumption was measured. One day later half of the eggs were assessed again after they had been exposed to a halothan treatment.

The variation in incubation temperature had a different effect on embryonic oxygen consumption (for each group). Higher hatching temperatures resulted in enhanced O<sub>2</sub>-uptake rates. Every group which had been exposed to halothan appeared to have a reduced oxygen consumption. Embryos which turned out to be male had an increased O<sub>2</sub>-uptake compared to female embryos. Hatchable embryos respired more oxygen than embryos with no ability to hatch.

The different incubation temperatures had a negative impact on the success of hatching. Only 39,5 % of all embryos were able to hatch. The highest hatching rate was attained at 38,5 °C the lowest at 36,5 °C. The halothan treatment had no effect on hatchability.

The different incubation conditions did also have consequences on the duck's performances after hatching. In comparison to all other groups the ducks incubated at 38,5 °C showed the highest weight gain in the early stage. However, after the first half of the fattening period the two other groups compensated this difference. At the end of the fattening period ducks which were hatched at 36,5 °C had the highest weight. During the second half of the fattening period halothan exposure resulted in decreased weight gain.

According to the different conditions during incubation we observed relationships between growth rate and embryonic O<sub>2</sub>-uptake, endocrinological parameters (thyroxine), mitochondrial enzyme activities, heart/liver weights and histometrical traits.

The weight gain was positively related to the embryonic O<sub>2</sub>-consumption. Especially for the chickens incubated at 37,5 °C strong positive correlations were calculated.

An increase in incubation temperature resulted in higher mitochondrial  $O_2$ -consumptions. In addition to this halothan treated ducks had an enhanced oxygen-uptake. Male ducks with a high  $O_2$ -consumption attained a better growth performance. The efficiency of the phosphorylation was negatively correlated to the weight gain. In contrast to that female ducks had a positive relation except for animals who were hatched at 38,5 °C.

The measured thyroxine concentrations were higher in females than in males. Again the incubation conditions played an important role. Highest thyroxine levels were obtained for the group incubated at 37,5 °C. The lowest levels were observed in ducks hatched at 36,5 °C. In this group there was strong evidence that thyroxine yield and liveweight gain were positively correlated. Meanwhile the correlation between these parameters were negative for the two other groups. Halothan treated groups showed positive significant correlations.

The incubation temperatures had only a small effect on enzyme activities. Correlations between enzyme activity and liveweight gain were mainly negative. Halothan treated groups confirmed these finding.

Liver weights were significantly related to variation in incubation temperature. In comparison there were no such observations for heart weights. In male ducks highest liver weights were obtained for the group hatched at 36,5 °C. In female ducks weights were decreasing with increasing incubation temperature. The treatment with halothan had an effect on heart weights only. Halothan-treated groups showed higher heart weights than untreated ones. For male ducks which were incubated at 37,5 °C liveweight changes seemed to be positively correlated to heart weights in contrast to those who were incubated subnormal. Subnormal hatched female ducks appeared to have positive correlations. Halothan-treated eggs showed these relationships more distinctively.

In almost every group liver weights were correlated positively with changes in liveweights. The halothan-treatment could not make it clearer.

Histometrical traits are said to be influenced by incubation temperature. There was strong evidence for larger fibres in animals incubated under optimum conditions. In comparison to that halothan treatment had just a small impact.

The relationship between liveweight and pH turned out to be negative. Correlations between growth rate and size of fibre areas are perceived as positive in male ducks. Whereas in female ducks we estimated positive correlations between the number of fibres and liveweight. Negative correlations are found for the number of fibres and size of fibre areas.

Part of these results between liveweight and histometrical traits are highlighted by changes in incubation temperature. We assume that the inferior results in hatching are most likely due to only the most vital embryos being hatched.

The O<sub>2</sub>-uptake rates recorded in eggs seemed to be correlated to the ability to hatch and also to the sex determined further on. Moreover a positive correlation between the embryonic respiration and the growth rate was found.

Recording cell-physiological traits which have an effect on metabolic activity. In particular the embryonic respiration could be used for an early-stage selection.

Therefore cell-physiological traits could be added to the classical approaches of genetic selection to enhance the genetic gain and breeding efficiency.



## 8. Literaturverzeichnis

- ABERLE, F. D.; ADDIS, P. B. und SOFFNER, R. N. (1979):** Fiber types in skeletal muscles of broiler- and layer type chickens. *Poultry Science* **58**, 1210-1212
- ALPETER, E.; WEIBEL, E. R. und HOPPELER, H. (1992):** Strokevolume is related to heart mass. *Acta Anat.* **145**, 442
- AL-MURRANI, W. K. (1978):** Maternal effects on embryonic and postembryonic growth in poultry. *British Poultry Science* **19**, 277-281
- ANCEL, A. und VISSCHEDDIJK, A. H. J. (1993):** Respiratory exchanges in the incubated egg of the domestic guinea fowl. *Respiration Physiology* **91**, 31-42
- ANDE, T. B. und WILSON, H. R. (1981):** Hatchability of the chicken embryos exposed to acute high temperature stress at various ages. *Poultry Science* **60**, 1561-1566
- ANONYM (1994):** Nutrient Requirements of Ducks.  
**Nutrient Requirements of Poultry, Ninth Revised Edition, 1994**
- ANONYM (2000a):** Eier und Schlachtgeflügel. Agrarmärkte 2000, Landesstelle für landwirtschaftliche Marktkunde Schwäbisch Gmünd
- ANONYM (2000b):** Agrar Preisbericht 2000.  
Hrsg. Bundesministerium für Landwirtschaft und Forsten, Berlin 2000
- ANONYM (2001a):** Duckmeat Production Statistics.  
Food and Agriculture Organization News 2001
- ANONYM (2001b):** Geflügel zunehmend gefragt. Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle – Nachrichten 02. 2001
- AR, A. und RAHN, H. (1978):** Interdependence of gas conductance, incubation length and weight of the avian egg. *Respiratory function in birds, adult and embryonic*. J. Piper, ed. Springer Verlag, New York
- AR, A. und RAHN, H. (1985):** Pores in avian eggshells: gas conductance, gas exchange and embryonic growth rate. *Respiration Physiology* **61**, 1-20
- AR, A. und TAZAWA, H. (1999):** Analysis of heart rate in developing bird embryos: effects of developmental mode and mass. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A* **124**, 491-500
- BAEZA, E.; SALICHON, M. R.; MARCHE, G.; WACRENIER, N; DOMINGUEZ B.; CULIOLI, J. (2000):** Effect of age and sex on structural, chemical and technological, characteristics of the mule duck.  
*British Poultry Science* **41**, 300-307

- BAEZA, E.; SALICHON, M. R.; MARCHE, G.; JUIN, H. (1998):** Effect of sex on growth, technological, and organoleptic characteristics of the Muscovy duck breast muscle. *British Poultry Science* **39**, 398-403
- BACOU, F. und VIGNERON, P. (1976):** Evolution peri-natale des voies metaboliques glycolytiques et oxidatives de divers types de muscles squelettiques du lapin et du poulet. *Annales de Biologie Animale et de Biochemie* **16**, 675-685
- BATES, P. C. und MILLWARD, D. J. (1981):** Characteristics of skeletal muscle growth and protein turnover in a fast-growing rat strain. *British Journal of Nutrition* **46**, 7-13
- BAROTT, H. G. (1937):** Effect of temperature, humidity, and other factors on hatch of the hens egg and on energy metabolism of chick embryo. *USDA Technical Bulletin Number 553*, Washington, D.C.
- BECKER, W. A. und BEARSE, C. E. (1958):** Pre-incubation warming and hatchability of chicken eggs. *Poultry Science* **37**, 944-948
- BERGMANN, V. (1974):** Zur Ultrastruktur der Mitochondrien in der Skelettmuskulatur des Schweins. Ein Beitrag zur Pathogenese des PSE-Fleisches. *Archiv für Experimentelle Veterinärmedizin* **28**, 225
- BOBEK, S.; JASTRZEBSKI, M. und PIETRAS, M. (1977):** Age-related changes in oxygen consumption and plasma thyroid hormone concentration in the young chicken. *Gen. Comp. Endocrinol.* **31**, 169-174
- BOBYLEVA-GUARREIRO, V.; HUGHES, P. E.; RONCHETTI-PASQUALI, I. und LARDY, H. (1984):** The influence of fasting on chicken liver metabolites, enzymes and mitochondrial respiration. *Comparative Biochemical Physiology* **78B**, 627-632
- BOCKISCH, F. J.; AUMÜLLER, C. und WILLKENS, K. (1993):** persönliche Mitteilung
- BOWEN, S. und WASHBURN, K. W. (1984):** Genetics of heat tolerance in Japanese quail. *Poultry Science* **63**, 430-435
- BOWEN, S. und WASHBURN, K. W. (1985):** Thyroid and adrenal Response to heat stress in chickens and quail differing in heat tolerance. *Poultry Science* **64**, 149-154
- BÖTTCHER, W. (2000):** Geflügelfleischerzeugung unter starkem Preisdruck. *Baubriefe Landwirtschaft 41: Geflügelhaltung, Eiererzeugung und Mast*. Landwirtschaftsverlag GmbH Münster-Hiltrup, 57-58
- BRAHMA, M. L.; NATH, P. L. und RAO, N. (1985):** The proximate composition, muscle fiber diameter and shear force value of duck and hen meat. *Cheiron* **14**, 200-204

- BRIAND, M.; BOISSONET, G.; LAPLACE-MARIEZE, V. und BRIAND, Y. (1993):** Metabolic and contractile differentiation of rabbit muscles during growth. International Journal of Biochemistry **25**, 1881-1887
- BRINKORD, C. (1987):** Untersuchungen über Halothananwendung, Vitalität und Schlachtkörperqualität bei Schweinen unterschiedlicher genetischer Herkunft unter besonderer Berücksichtigung einiger zellphysiologischer Parameter in Leber- und Hodenmicrosomen sowie im Blutserum. Vet.-med. Diss., Gießen
- BRODY, S. (1945):** Selection for high and low O<sub>2</sub>-consumption in chickens. Bioenergetics and growth. Reinhold Publ. Corp. New York, 307-403
- BROWN, D. R.; DE NISE, S. K. und MC DANIEL, R. G. (1986):** Hepatic mitochondrial activity in two breeds of chicken. Poultry Science **65**, 613-615
- BUDDECKE, E. (1989):** Grundriss der Biochemie 8. Auflage Walter de Gruyter Berlin 1989
- BUTLER, D. E. (1991):** Egg handling and storage at the farm and hatchery. Avian Incubation. London Butterworth-Heinemann, 195-203
- BURKE, R. E.; LEVINE, D. N.; SALCMAN, M. und TSAIRIS, N. (1974):** Motor units in cat soleus muscle: physiological, histochemical and morphological characteristics. Journal of Physiology **238**, 503-514
- CALLEBAUT, M. E. (1990):** Research note: Hatching of Japanese quail chicks (*Coturnix japonica*) following long daily cyclical interruptions of their incubation. Poultry Science **69**, 2241-2243
- CALLEN, M. J. und FULTHORPE, J. J. (1975):** Stages in fibre breakdown in Duchenne Muscular Dystrophy. An elektron-microscopic study. Journal of Neurological Science **24**, 179-200
- CHEA, A. M. und CHEA, K. S. (1981a):** Skeletal muscle mitochondrial phospholipase A<sub>2</sub> and the interaction of mitochondria and sarcoplasmatic reticulum in porcine malignant hyperthermia. Biochemica et Biophysica Acta **638**, 40-49
- CHEA, A. M. und CHEA, K. S. (1981b):** Mitochondrial Calcium Transport and Calcium Activated Phospholipase in Porcine Malignant Hyperthermia. Biochemica et Biophysica Acta **634**, 70-84
- CHEREL, Y.; WYERS, M. und DUPAS, M. (1995):** Histopathological alterations of turkey skeletal muscle observed at the slaughterhouse. British Poultry Science **36**, 443-453
- CHRISTENSEN, V. L.; GRIMES, J. L.; DONALDSON, W. E. und LERNERT, S. (2000a):** Paternal influences on turkey embryonic growth in the absence of changes in egg weight and eggshell conductance. Poultry Science **79**, 1810-1816

- CHRISTENSEN, V. L.; DONALDSON, W. E. und NESTOR, K. E. (1999):** Length of the plateau and pipping stages of incubation affects the physiology and survival of turkeys. *British Poultry Science* **40**, 297-303
- CHRISTENSEN, V. L. und NESTOR, K. E. (1994a):** Changes in functional qualities of turkey eggshells in strains selected for increased egg production and growth. *Poultry Science* **73**, 1458-1464
- CHRISTENSEN, V. L.; DONALDSON, W. E. und NESTOR, K. E. (1994b):** Incubation temperature effects on metabolism and survival of turkey embryos. *Proceedings of 9<sup>th</sup> European Poultry Conference. Vol. II. World's Poultry Science Association, Glasgow, UK*, 399-402
- CHRISTENSEN, V. L.; DONALDSON, W. E. und NESTOR, K. E. (1993):** Embryonic viability and metabolism in turkey lines selected for egg production and growth. *Poultry Science* **72**, 829-838
- CHRISTENSEN, V. L.; DONALDSON, W. E. und NESTOR, K. E. (1997):** Effects of an oxygen-enriched environment on the survival of turkey embryos between twenty-five and twenty-eight days of age. *Poultry Science* **76**, 1556-1562
- CLAYTON, G. A. (1984):** Muscovy duck. Mason, I.L.(Ed.) *Evolution of Domesticated Animals*. 340-344 (London /New York, Longman)
- COGBURN, L. A. and HARRIS, P. C. (1980):** Adrenal, thyroid and rectal temperature responses of pinealectomized cockerels to different ambient temperatures. *Poultry Science* **59**, 1132-1141
- COLEMAN, J. W. und SIEGEL, P. B. (1966):** Selection for body weight at eight weeks of age. 5. Embryonic state at oviposition and its relationship to hatchability. *Poultry Science* **45**, 1008-1011
- DECUYPERE, E.(1979):** Effect of incubation temperature patterns on morphological, physiological and reproduction criteria in Rhode Island Red birds. *Agricultura* **27**, 265-280
- DECUYPERE, E. (1984):**Incubation temperature in relation to postnatal performance in chickens. *Arch. Exper. Vet. med. Leipzig* **38** 439-449
- DECUYPERE, E. (1994):** Incubation temperature and postnatal development. *Proceedings of 9<sup>th</sup> European Poultry Conference. Vol. II. World's Poultry Science Association, Glasgow, UK*, 407-410

- DECUYPERE, E.; DEWIL, E. und KUEHN, E. R. (1991):** The hatching process and the role of hormones. Avian Incubation. London Butterworth-Heinemann, 239-256
- DECUYPERE, E.; MICHELS, H. (1992):** Incubation temperature as a management tool: a review. World's Poultry Science Association **48**, 28-38
- DIETZ, M. W. und RICKLEFS, R. E. (1997):** Growth rate and maturation of skeletal muscles over a size range of galliform birds. Physiol. Zool. **70**, 502-510
- DUBROWITZ, V. (1985):** Parthological changes in muscles biopsies. Muscle Biopsy: A Practical Approach **2**, 82-128
- DORN, A. (1969):** Studien zur Skelettmuskelentwicklung beim Meerschweinchen. II. Topochemische Untersuchungen einiger Oxidoreduktasen. Acta histochem. **33**, 362
- DZAPO, V. und WASSMUTH, R. (1983):** Mitochondrial metabolism and heterotic effects in swine. Results of a reciprocal crossbreeding experiment II. Respiration and oxidative phosphorylation in heart, liver and testes mitochondria. Z. Tierz. Zuechtungsbiol. **100**, 280-295
- ECKERT, R.; RANDALL, D.;BURGGREN, W. und FRENCH, K. (2000):** Tierphysiologie 3. Auflage 2000, Georg Thieme Verlag
- ESTABROOK, R. W. und MACKLER, B. (1957):** Mitochondrial Respiratory Control and the Polarographic Measurement of ADP : O Ratios. J. Biol. Chem. **229**, 1091
- FARINGTON, A. J. (1970):** Role of pituitary hormones in the growth difference between two strains of White Plymouth Rock chickens. Ph. D. Thesis, University of Massachusetts
- FUNK, E. M. und BIELLIER, H. V. (1944):** The minimum temperature for embryonic development in the domestic fowl (*Gallus domesticus*) Poultry Science **23**, 538-540.
- FREEMAN, B. M. (1965):** The importance of glycogen at the termination of the embryonic exstence of *Gallus Domesticus*. Comparative Biochemical Physiology **28**, 1169-1176
- FRENCH, N. A. (1994a):** Do incubation requirements vary between eggs? Proceedings of 9<sup>th</sup> European Poultry Conference. Vol. II. World's Poultry Science Association, Glasgow, UK, 395-398
- FRENCH, N. A. (1997):** Modelling incubation temperature: the effects of incubator design, embryonic development, and egg size. Poultry Science **76**, 124-133
- FRENCH, N. A. (2000):** Effect of short periods of high incubation temperature on hatchability and incidence of embryo pathology of turkey eggs. British Poultry Science **41**, 377-382

- FINGER, K. W.; DZAPO, V. und WASSMUTH, R. (1982):** Histologische Untersuchungen an Reinzuchtschweinen verschiedener Rassen. Vortragstagung der GfT und DGfZ e. V. in Kiel
- FINGER, K. W.; DZAPO, V. und WASSMUTH, R. (1986):** Morphometrische Untersuchungen am Musculus longissimus dorsi von Schweinerassen unterschiedlicher Konstitution. *Journal of Anim. Breed. Genet.*, **103**, 59-68
- GAULY, M. (1991):** Vergleichende Untersuchungen verschiedener Einflussfaktoren auf den Erfolg der Kunst- und Naturbrut des Fasans sowie zu Fragen der Aufzucht und Mast. Diss. agr., Giessen
- GAULY, M.; REINER, G.; GRÖSCHL, M. und DZAPO, V. (2001):** Auswirkungen variierender Brutbedingungen auf den embryonalen und mitochondrialen Energiestoffwechsel, den Thyroxinstatus sowie die Lebendmasseentwicklung bei Puten. *Arch. Geflügelk.* 2001, **65** (1) 1-9
- GEERS, R.; MICHELS, H. und TANGHE, P. (1982):** Growth, maintenance requirements and feed efficiency of chickens in relation to prenatal environmental temperatures. *Growth* **46**, 26-35
- GEERS, R.; MICHELS, H.; NACKAERTS, G. und KONINGS, F. (1983):** Metabolism and growth of chickens before and after hatch in relation to incubation temperatures. *Poultry Science* **62**, 1869-1875
- GILDERSLEEVE, R. P. (1984):** The effect of humidity and broiler strain on egg weight losses during incubation. *Poultry Science* **63**, 2140-2144
- GILLE, U. und SALOMON, F. V. (1994):** Heart and body growth in ducks. *Growth, development and aging* **58**, 75-81
- GILLE, U. und SALOMON, F. V. (1995):** Bone growth in ducks with special references to the JANOSCHEK growth curve. *Growth, development and aging* **59**, 207-215
- GILLE, U. und SALOMON, F. V. (1998):** Muscle growth in wild and domestic ducks. *British Poultry Science* **39**, 500-505
- GILLE, U.; SALOMON, F. V. und RÖNNERT, J. (1999):** Growth of the digestive organs in ducks with considerations on their growth in birds in general. *British Poultry Science* **40**, 194-202
- GOLZE, M. (2000):** Produktionsverfahren in der Enten- und Gänsemast. *Baubriefe Landwirtschaft* **41**: Geflügelhaltung, Eiererzeugung und Mast. Landwirtschaftsverlag GmbH Münster-Hiltrup, 91-100

- GRIMAUD und BRINKMANN (2001):** [http:// www. Grimaud. fr./France](http://www.Grimaud.fr/France)
- GRÖSCHL, M. (1998):** Untersuchungen zur Auswirkung variierender Brutbedingungen auf den embryonalen und mitochondrialen Energiestoffwechsel sowie auf die histometrischen Merkmale und die Lebendmasseentwicklung bei Puten. Vet.-med. Diss., Gießen
- GUNN, H. M. (1978):** Differences in the histochemical properties of skeletal muscles of different breeds of horses and dogs. *Journal of Anatomy* **114**, 303
- HAFEZ, E. S. E. (1954):** Differential growth of organs in edible meat in the domestic fowl. *Poultry Science* **34**, 745-753
- HARRIS, R. A.; MUNROE, J.; FARMER, B.; KIM, K. C. und JENKINS, P. (1971):** Action of halothan upon the mitochondrial respiration. *Archives of biochemistry and biophysics* **142**, 435-444
- HEIDENHAIN, M. (1915):** Über die Mallorysche Bindegewebsfärbung mit Karmin und Azokarmin als Vorfarben. *Z. Wissensch. Mikroskopie und mikroskopischer Technik*, **32** 361-372
- HEINROTH, O. (1922):** Die Beziehungen zwischen Vogelgewicht, Eigewicht, Gelegegewicht und Brutdauer. *J. Orn. (Lpz.)* **70**, 172-285
- HENSON, M. M. (1966):** Oxidative phosphorylation in mitochondria during development. *Journal of Cell Biology* **31**, 145
- HILLER, P. (1994):** Untersuchungen über den embryonalen und mitochondrialen Energiestoffwechsel beim Legehuhn im Hinblick auf die Zuchtwertschätzung der Reproduktionsleistung. Diss.agr., Gießen
- HOYT, D. F. und RAHN, H. (1980):** Respiration of avian embryos – a comparative analysis. *Respiration Physiology* **39**, 255-264
- IWAMOTO, H.; HARA, Y.; GOTOH, T.; ONO, Y. und TAKAHARA, H. (1993):** Different growth rates of male chicken skeletal muscles related to their histochemical properties. *British Poultry Science*, **30**, 925-938
- JACKSON, S. und DIAMOND, J. (1996):** Metabolic and digestive responses to artificial selection in chickens. *Evolution* **50**, 1638-1650
- JACOB, E. T. und NAIR, S. G. (1975):** The chemical composition and differential distribution of muscle fibres in the pectoralis and biceps femoris muscles of chickens and ducks. *Indian. Vet. J.* **52**, 175-180

**JOHANSSON, J. O.; OSCARSSON, J.; BJAMASON, R. und BENGTTSSON, B. A.**

(1996): Two weeks of daily injections and continuous infusion of recombinant human growth hormone (GH) in GH-deficient adults: I. Effects on insulin-like growth factor-I (IGF-I), GH and IGF-I binding proteins and glucose homeostasis. *Metabolism (Clinical and Experimental)* **45**, 362-369

**JOHNSON, L. G.; NEWELL, R. C. und HENSON, L. (1971):** Temperature relationships of mitochondrial respiration during chicken development. *Comparative Biochemical Physiology* **42B**, 693-701

**JULIAN, R. J. (1989):** Lung volume of meat-type chickens. *Avian Diseases* **33**, 174-176

**JUNQUEIRA, L. C. und CARNEIRO, J. (1986):** Histologie. Springer Verlag, 1986

**KATZ, J.; WALS, P. A.; GOLDEN, S. und RAIJAMN, L. (1983):** Mitochondrial-reticular cytostructure in liver cells. *Biochemical Journal* **214**, 795-813

**KARLSSON, P.; DOENECKE, D. und KOOLMANN, J. (1994):** Kurzes Lehrbuch der Biochemie. Verlag Georg Thieme, 1994

**KESSLER, P. (1998):** Untersuchungen über die Auswirkungen unterschiedlicher Bruttemperaturen auf den embryonalen und mitochondrialen Energiestoffwechsel im Hinblick auf Wachstum, Legeleistung und Selektion beim Huhn. Vet.-med. Diss., Gießen

**KIESSLING, K. H., (1977):** Muscle structure and function in the goose, pheasant, guinea hen and chicken. *Comparative Biochemical Physiology* **57B**, 287-292

**KHAN, M. A. (1976):** Histochemical characteristics of vertebrate striated muscle: A review. *Prog. Histochem. Cytochem.* **8** (4) 1-48

**KLANDORF, H.; SHARP, P. J. und MAC LEOD, M. G. (1981):** The relationship between heat production and concentrations of plasma thyroid hormones in the domestic hen. *Gen. Comp. Endocrinol.* **45**, 512-520

**KLAASSEN, M. und DRENT, R. (1991):** An analysis of hatchling resting metabolism: in search of ecological correlates that explain deviations from allometric relations. *Condor* **93**, 612-629

**KLINGENBERG, M. (1970):** Metabolite transport in mitochondria. An example for intracellular membrane function. *Biochemistry, Biochem. Soc. Academic Press, London* **6**, 119-159



- KLOSOWSKA, D.; KLOSOWSKA, B.; ROSINSKI, A. und ELMINOWSKA-WENDA, S. (1993):** Microstructural characteristics of the pectoralis muscle of white italian geese. Pro. of the 11<sup>th</sup> European Symposium on the quality of poultry meat, Tour, France, 144-148
- KNIZETOVA, H.; HYANEK, B.; KNIZE, B. und PROCHAZKOVA, H. (1991):** Analysis of growth curves of fowl. II. Ducks. British Poultry Science **32**, 1039-1053
- KNUST, U.; MAAK, S.; WICKE, M.; von Lengerken, G. und Pingel, H. (2000):** Untersuchungen zur Struktur des musculus pectoralis und des musculus iliotibialis lateralis von Peking- und Moschusenten. Archiv für Geflügelkunde **64**, 9-13
- KOLMOGOROV-SMIRNOV (1997):** SPSS 7.5 statistical algorithms.  
SPSS inc. Chicago, Illinois USA
- KONARZEWSKI, M.; LILIJA, J.; KOZLOWSKI, J. und LEWONCZUK, B. (1990):** On the optimal growth of alimentary tract in avian postembryonic development. Journal of Zoology **222**, 89-101
- KONARZEWSKI, M.; GAVIN, A.; MC DEVITT, R. und WALLIS, I. R. (2000):** Metabolic responses to Selection for high growth rates in the domestic Chicken (*Gallus domesticus*). Physiological and Biochemical Zoology **73**, 237-248
- KÜHN, E. R.; DECUYPERE, E.; COLEN, L. M. und MICHELS, (1982):** Posthatch growth and development of circadian rhythm for thyroid hormones in chicks incubated at different temperatures. Poultry Science **61**, 540-549
- LOWRY, O. H.; ROSEBROUGH, V. J.; FARR, A. L. und RANDAL, R. J. (1951):** Protein measurement with the folin phenol reagent. J. Biol. Chem., **193**, 165-275
- LECLERQ, B. (1990):** Croissance et composition corporelle du canard de Barbarie. Le Canard de Barbarie pp. 23-39 (Paris, INRA)
- LIMPER, J. (1990):** Ein Beitrag zur Methodik der erweiterten Differenzierung der Halothansensitivität und der Stressresistenz beim Schwein unter Berücksichtigung des mitochondrialen Energiestoffwechsels. Diss. agr., Giessen
- MAEDA, Y.; FUKUNAGA, Y.; OKAMOTO, S. und HASHIGUCHI, T. (1992):** The changes in body temperature, oxygen consumption, CO<sub>2</sub>-production and muscle protein turnover rate by selection for body size in japanese quail, *coturnix coturnix japonica*. Comparative Biochemical Physiology **103 A**, 767-770
- MC DONALD, D. W. (1960):** Effect of temperature of storage and age of fowl on hatchability and sex ratio, growth and viability of the chickens. Australian Journal of Agricultural Research **11**, 664-672

- MC NABB, F. M. A. und MC NABB, R. A. (1977):** The effects of thermal history on body temperature of japanese quail chicks (*Coturnix coturnix japonica*). Comparative Biochemistry and Physiology Part A **56**, 491-500
- MC NABB, F. M. A. und KING, D. B. (1993):** Thyroid hormone's effects on growth, development and metabolism. Endocrinology of Growth , Development and Metabolism in Vertebrates. Academic Press, New York, 393-417
- MEISTER, R.; BERG, R.; WENSCH, H. J.; LOOS, R.; LITSCHKO, A. und EIGENDORF, B. (1974):** Histologische Untersuchungen zur qualitativen Entwicklung einiger Muskeln bei industriemäßig gehaltenen Kaninchen. Monatshefte der Veterinärmedizin **29**, 267-270
- MILLER, R. N. und HUNTER, F. E. (1970):** The effect of halothan on electron transport, oxidative phosphorylation, and the swelling in rat liver mitochondria. Molecular pharmacology **6**, 67-77
- MINNE, B. und DECUYPERE, E. (1984):** Effects of late prenatal temperatures on some thermoregulatory aspects in young chickens. Arch. exper. Vet. med. **38**, 374-383
- MIZUNO, T. und HIKAMI, Y. (1971):** Comparison of muscle growth between meat-type and egg-type chickens. Japanese Journal of Zootechnical Science, **42**, 526-532
- MORENG, R. E. und SHAFFNER, C. S. (1951):** Lethal internal temperatures for chicken from fertile egg to mature bird. Poultry Science **30**, 627-629
- MORRISON, W. L.; GIBSON, J. N. A.; JUNG, R. T. und RENNIE, M. J. (1988):** Skeletal muscle and whole body protein turnover in thyroid disease. European Journal of Clinical Investigation **18**, 62-68
- MURAMATSU, T.; HIRAMOTO, K. und OKUMURA, J. (1990):** Strain differences in whole-body protein turnover in the chicken embryo. British Poultry Science **31**, 91-99
- NAITO, M. und PERRY, M. M. (1989):** Development in culture of the chick embryo from cleavage to hatch. British Poultry Science **30**, 251-256
- NESTOR, K. E. und NOBLE, D. O. (1995):** Influence of selection for increased egg production, body weight and shankwidth of turkeys on egg composition and the relationship of egg traits to hatchability. Poultry Science **74**, 124-133
- NIEMIAROWICZ, A.; TROJAN, M.; KIJOWSKI, J. R. und PIKUL, J. (1986):** PSE- und DFD-Hühnerfleisch. Die Fleischwirtschaft **9**, 1547-1548

- NOY, Y. und SKLAN, D. (1996):** Uptake capacity in vitro for glucose and methionine and in situ for oleic acid in the proximal small intestine of posthatch chicks. Poultry Science **75**, 998-1002
- NVOTA, J.; VBOH, P.; JURANI, M.; LAMOSOVA, D.; BODA, K. und BAROSKOVA, Z. (1980):** The influence of environment in the early ontogenesis on the development of endocrine functions and body growth in fowls. Proc. 28. Intern. Congr. Physiol. Sci. **616 A**
- OLSON, J. M. (1992):** Growth, the development of the endothermy, and the allocation of energy in red-winged blackbirds (*Agelaius phoeniceus*) during nestling period. Physiol. Zool. **65**, 124-152
- ONO, Y.; IWAMOTO, H. und TAKAHARA, H. (1993):** The relationship between muscle growth and growth of different fiber types in chicken. Poultry Science **72**, 568-576
- ONO, H.; HOU, P.-C. L. und TAZAWA, H. (1994):** Responses of developing chicken embryos to acute changes in ambient temperatures: Noninvasive study of heart rate. Israel Journal of Zoology **40**, 467-480
- ORGUNSHILE, G. und SPARKS, N. (1995):** Effect of broiler egg weight on hatchability. British Poultry Science **36**, 861-862
- OWENS, C. A.; SIEGEL, P. B. und VAN KEY, H. P. (1971):** Selection for body weight at eight weeks of age. Poultry Science **50**, 548-553
- PADYKULA, H. A. und HERMAN, E. (1955):** Factors affecting the activity of adenosine triphosphatase and other phosphatases as measured by histochemical techniques. J. Histochem. Cytochem. **3**, 161-169
- PALLASKE, G. und SCHMIDEL, H. (1959):** Pathologisch-Histologische Technik. Paul Parey Verlag, Berlin und Hamburg
- PAVEL, C. (1985):** Heterotische Effekte der Enzymaktivitäten in verschiedenen Zellorganellen des Herz- und Lebergewebes und deren Beziehungen zu einigen Leistungsmerkmalen beim Huhn. Diss. agr., Giessen
- PEARSON, J. P. (1996):** Developmental patterns of O<sub>2</sub> consumption, heart rate and O<sub>2</sub> pulse in unturned eggs. Respiration Physiology **103**, 83-87
- PINGEL, H. (1985):** Enten. Verlag J. Neumann-Neudamm Melsungen 1985

- PRAX, S. (1993):** Einfluss der Bruttemperatur auf den embryonalen Stoffwechselverbrauch des Embryos, das Wachstum und die Fleischqualität von Broilern. Wissenschaftliche Arbeit (unveröffentlicht), Institut für Tierzucht und Haustiergenetik der Universität Gießen
- PRESSMAN, B. C. und LARDY, H. A. (1955):** Further studies on potassium requirements of mitochondria. *Biochem. Biophys. Acta* **18**, 482-487
- PROUDMAN, J. A.; MELLEN, W. J. und HULTIN, H. O. (1975):** Activity of certain liverenzymes in fast-and slow-growing lines of Chickens. *Poultry Science* **54**, 1585-1597
- RAHN, H. (1981):** Gas exchange in avian eggs with special reference to turkey eggs. *Poultry Science* **60**, 1971-1980
- REINER, G. und DZAPO, V. (1995):** Der Sauerstoff von Straußenembryonen während der Brut. *Dtsch. Tierztl. Wschr.* **102**, 93-96
- REMIGNON, H.; GARDAHAUT, M. F.; MARCHE, G. und RICARD, F. H. (1995):** Selection for rapid growth increases the number and the size of muscle fibres without changing their typing in chickens. *Journal of Muscle Research and Cell Motility* **16**, 95-102
- RICARD, F. H. (1986):** Composition anatomic de la carcasse du canard mulard comparée aux deux types parentaux. *Conference Aviole*, **3**, 47-64 (Paris, France, World's Poultry Science Association-SIMAVIP)
- RICKLEFS, R. E. und MARKS, H. L. (1985):** Anatomical responses to selection for four-week body mass in Japanese quail. *Auk* **102**, 323-333
- RICKLEFS, R. E. und STARCK, M. J. (1998):** Embryonic growth and development. *Avian Growth and development*. Oxford University Press, New York, 31-58
- ROMANOFF, A. L. (1936):** Effects of different temperatures in the incubator on the prenatal and postnatal development of the chick. *Poultry Science* **15**, 311-315
- ROMANOFF, A. L. und ROMANOFF, A. J. (1972):** Pathogenesis of the avian embryo. John Wiley and Sons, New York, NY.
- SALOMON, F. V.; MICHEL, G.; SALOMON, B. und GRUSCHWITZ, F. (1981):** Zur Fasertypisierung an Skelettmuskeln. *Mh. Vet.-Med.* **63**, 341-348
- SALOMON, F. V. (1993):** Lehrbuch für Geflügelanatomie. Verlag Gustav Fischer, 243-252
- SAPONG, S. und REINHARD, B. S. (1985):** Broiler hatching stress and subsequent growth performance. *Poultry Science* **64**, 232-234
- SAUVEUR, B. (1990):** Origines et performance comparées du canard de Barbarie et du canard commun de race Pékin. *Le Canard de Barbarie* pp. 3-11 (Paris, INRA)

- SCHULTZ, K. P. (2000):** Wirtschaftliche Aspekte der Gänse- und Entenmast. Baubriefe Landwirtschaft **41**: Geflügelhaltung, Eiererzeugung und Mast. Landwirtschaftsverlag GmbH Münster-Hiltrup, 101-103
- SCHWARTZ, L. H.; SURKS, M. I. und OPPENHEIMER, J. H. (1971):** Quantification of extrathyroidal conversion of L-thyroxine to 3,3,5-Triiodothyronine in rat. J. Clin. Invest. **50**, 1124-1130
- SENGLAUB, K. (1960):** Vergleichende metrische und morphologische Untersuchungen an Organen und am Kleinhirn von Wild-, Gefangenschafts- und Hausenten. Gegenbaurs Morphologisches Jahrbuch **100**, 11-62
- SMITH, D. P. (1991):** Characterization of red and white avian muscle: Pekin duckling and broiler chicken pectoralis muscle and meat. Diss., Univ. of Georgia
- SNODGRASS, P. J. und PIRAS, M. M: (1966):** The effect of halothane on rat liver mitochondria. Biochemistry **5**, 1140-1149
- SOIKE, D. (1995):** Vergleichende histopathologische, elektronenmikroskopische, histochemische und morphometrische Untersuchungen von Hühnern der Lege- und Mastrichtung. DVM Thesis, Freie Universität Berlin
- SOMMER, M. (1986):** Mitochondrialer Energiestoffwechsel als Zellphysiologischer Indikator der Heterosis in Leistungsmerkmalen bei Huhn. Diss. agr., Giessen
- SRIVASTAVA, H. K. (1981):** Intergenomic interaction, heterosis and improvement of crop yield. Adv. Agron. **34**, 117-195
- STEIN, J. M. und PADYKULA, H. A. (1962):** Histochemical Classification of Individual Skeletal Muscle Fibers of the Rat. American Journal of Anatomy **110**, 103
- STARCK, J. M. und RICKLEFS, R. E. (1998a):** Patterns of development: the altricial-precocial spectrum. Avian Growth and Development. Evolution within Altricial-Precocial Spectrum, Oxford University Press, New York, 3-30
- STARCK, J. M. und RICKLEFS, R. E. (1998b):** Variation, constraint and phylogeny. Comparative analysis of growth. Avian Growth and Development. Evolution within Altricial-Precocial Spectrum, Oxford University Press, New York, 247-266
- STEPHAN, E. (1993):** Untersuchungen zum Wachstum beim Huhn unter Berücksichtigung der  $\text{Ca}^{2+}$ -Regulation und des Energiestoffwechsels myokardialer Mitochondrien sowie histometrischer Parameter. Diss. agr., Giessen
- STERLING, K. ; BRENNER, M. A.; und NEWMANN, E. S. (1970):** Conversion of thyroxine triiodothyronine in normal human subjects. Science **169**, 1099-1100

- STEWART, P. A.; MUIR, W. M.; BEGIN, J. J. und JOHNSON, T. H. (1980):** Feed efficiency and gain responses to protein levels in two lines of birds selected for oxygen consumption. *Poultry Science* **59**, 2692-2696
- SUAREZ, M. E.; WILSON, H. R.; MC PHIRSON, B. N.; MATHER, F. B. und WILCOX, C. J. (1996):** Low temperature effects on embryonic development and hatch time. *Poultry Science* **75**, 924-932
- SVANN, L. W. und BRAKE, J. (1990):** Effect of incubation dry-bulb and wet-bulb temperatures on the time of hatch and chick weight at hatch. *Poultry Science* **69**, 887-897
- SWATLAND, H. J. (1981):** Allometric growth of histological types of muscles fibres in ducks. *Growth*, **45**: 58-65
- SYBESMA, W. und EIKLENBOOM, G. (1969):** Malignant hyperthermia syndrome in pigs. *Neth. J. Vet. Sci.* **2**, 155-160
- TAZAWA, H. (1973):** Hypothermal effect on the gas exchange in chicken embryo. *Respiration Physiology* **17**, 21-31
- TAZAWA, H. und RAHN, H. (1986):** Tolerance of chick embryos to low temperatures in reference to the heart rate. *Comparative Biochemical Physiology* **85A**, 531-534
- TAZAWA, H. und RAHN, H. (1987):** Temperature and metabolism of chick embryos and hatchlings after prolonged cooling. *Journal of Experimental Zoology* (Suppl. 1) 105-109
- TAZAWA, H.; WAKAYAMA, H.; TURNER, J. S. und PAGANELLI, C. V. (1988):** Metabolic compensation for gradual cooling in developing chick embryos. *Comparative Biochemical Physiology* **89A**, 125-129
- TAZAWA, H.; OKUDA, A.; NAKAZAWA, S. und WHITTOW, G. C. (1989):** Metabolic responses of chicken embryos to graded, prolonged alterations in ambient temperature. *Respiration Physiology* **92A**, 613-617
- THOMPSON, J. B.; WILSON, H. R. und VOITLE, R. A. (1976):** Influence of high temperature stress of 16-day embryos on subsequent hatchability. *Poultry Science* **55**, 892-894
- TIXIER-BOICHARD, M.; DECUYPERE, E.; HUYBRECHTS, E.; KUHN, L. und MERAT, P. (1990):** Effects of dietary T3 on growth parameters and hormone levels in normal and sex-linked dwarf chickens. *Domestic Animal Endocrinology* **7**, 573-586

- THOMAS, M. R.; MIELL, J. P.; TAYLOR, M.; ROSS, R. J. M.; AMAO, J. R.; JEWITT, D. E. und MC GREGOR, A. M. (1993):** Endocrine and cardiac paracrine actions of insulin-like growth factor-I (IGF-I) during thyroid dysfunction in the rats: is IGF-I implicated in the mechanism of hear weight change during abnormal thyroid function? *Journal of Molecular Endocrinology* **10**, 313-323
- UNI, Z.; NOY, Y. und SKLAN, D. (1995):** Development of the small intestine in heavy and light strain chicks before and after hatching. *British Poultry Science* **36**, 63-71
- VASILATOS-YOUNKEN, R.; ZHOU, Y.; WANG, X.; MC MURTRY, J. P.; ROSEBROUGH, R. W.; DECUYPERE, E.; BUYS, N.; DARRAS, V. M.; VAN DER GEYTEN, S. und TOMAS, F. (2000):** Altered chicken thyroid hormone metabolism with chronic GH enhancement in vivo: consequences for skeletal muscle growth. *Journal of Endocrinology* **166**, 609-620
- VISSCHEDIJK, A. H. J. (1968):** The air space and the embryonic respiration. I. The pattern of gaseous exchange in the fertile egg during the closing stages of incubation. *British Poultry Science* **9**, 173-184
- VLECK, C. M.; HOYT, D. F. und VLECK, D. (1979):** Metabolism of avian embryos: patterns in altrical and precocial birds. *Physiol. Zool.* **52**, 363-377
- VLECK, C. M. und VLECK, D. (1980):** Patterns of metabolism and growth in avian embryos. *Amer. Zool.* **20**, 405-416
- VLECK, C. M. und VLECK, D. (1987):** Metabolism and energetics of avian embryos. *J. Exp. Zool. Supp.* **1**, 111-125
- WATFORD, M.; HOD, U.; CHAO, Y.; UTTER, M; und HANSON, R. W. (1981):** The unique role of the kidney in gluconeogenesis in the chicken. *J. Biol. Chem.* **256**, 10023-10027
- WATERFLOW, J. C.; GARLICK, P. J. und MILLWARD, D. J. (1978):** Protein turnover in mammalian tissues and in the whole body. Amsterdam, North-Holland pp. 443-479
- WEBB, D. R. (1987):** Thermal tolerance of avian embryos: A review. *The Condor* **89**, 874-898
- WILSON, B.W.; NIEBERG, P. S. und BUHR, R. J. (1990):** Turkey muscle growth and focal myopathy. *Poultry Science* **69**, 1553-1562
- WILSON, H.R. (1991):** Physiological requirements of the developing embryo: temperature and turning. *Avian Incubation*. London Butterworth-Heinemann, 145-156
- WILLIAMS, P. und GOLDSPIK, G. (1978):** Changes in sarcomere length and physiological properties in immobilized muscle. *Journal of Anatomy* **127**, 459-468

- 
- WILLIAMSON, R. A.; MISSON, B. H. und DAVISON, F. (1985):** The effect of exposure to 40 ° on the heat production and the serum concentrations of triiodothyronine, thyroxine, and corticosterone in immature domestic fowl. *General and Comparative Endocrinology* **60**, 178-186
- YAHAV, S. und PLAVNIK, I. (1999):** Effect of early-age thermal conditioning and food restriction on performance and thermotolerance of male broiler chickens. *British Poultry Science* **40**, 120-126
- ZEMKO, A. (1972):** Contribution to the study of postnatal growth of the intestine in Pekin ducks. *Acta Zootechnica* **24**, 169-189



## **Danksagung**

Hiermit möchte ich mich bei allen, die mir bei der Erstellung dieser Arbeit mit Rat und Tat zur Seite standen, herzlich bedanken.

Mein besonderer Dank gilt dabei Herrn Prof. Dr. V. Dzapo für die Überlassung des Themas und die geleistete Hilfe bei der Ausarbeitung dieser Dissertation. Des weiteren möchte ich in diesem Zusammenhang Herrn Prof. Dr. P. Schley danken für die prompte Durchsicht des Manuskripts und die kritischen Anmerkungen zur Verbesserung der vorliegenden Arbeit.

Ganz besonders möchte ich mich an dieser Stelle bei Herrn K. Schwald bedanken für die geleisteten Vorarbeiten, durch die diese Arbeit erst möglich wurde.

Bei der Zentralen Biotechnischen Betriebseinheit bedanke ich mich für die Bereitstellung eines Arbeitsplatzes.

Ein besonderer Dank gilt der Arbeitsgruppe Dzapo und den Bediensteten des Oberen Hardthofs für die Hilfe bei der Durchführung der praktischen Versuche und die gute Zusammenarbeit.